

13



Г. И. Файн

**НАВИГАЦИЯ,
ЛОЦИЯ
И
МОРЕХОДНАЯ
АСТРОНОМИЯ**

Г. И. ФАЙН

НАВИГАЦИЯ, ЛОЦИЯ И МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета
Совета Министров СССР
по профессионально-техническому
образованию в качестве учебника
для учащихся средних
профессионально-технических училищ
(Специальность — судоводитель
морских маломерных судов)



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1977

6Т4.2
Ф17
УДК 656.61.052 (075.3)

Файн Г. И.

Ф 17 Навигация, лоция и мореходная астрономия. Учебник для учащихся средних проф.-техн. училищ. Специальность — «судоводитель морских маломерных судов. М., «Транспорт», 1977.

271 с. с ил. и табл.

Книга является учебником по предметам «Навигация и лоция» и «Мореходная астрономия», написанным в соответствии с одноименными программами обучения судоводителей морских маломерных судов валовой вместимостью до 200 рег. т в средних профессионально-технических и технических училищах Государственного комитета Совета Министров СССР по профессионально-техническому образованию.

В учебнике рассмотрены теоретические основы навигации, лоции и мореходной астрономии; даны описания устройства приборов и инструментов, применяемых в судовождении, а также практических приемов ведения графического счисления и определения обсервованного места судна в море основными визуальными, радионавигационными и астрономическими способами.

Специальные разделы посвящены особенностям навигации, а также наиболее широко применяемым астрономическим методам определения места судна в условиях морского рыбного промысла.

Учебник может также использоваться при подготовке судоводителей морских рыбопромысловых судов валовой вместимостью до 300 рег. т.

Ф $\frac{31806-231}{049(01)-77}$ 231-77

© Издательство «Транспорт», 1977 6Т4.2

ПРЕДИСЛОВИЕ

Советский Союз — великая морская держава. Моря трех океанов омывают берега нашей страны. Из года в год растет грузооборот морского транспорта СССР, обширные районы Мирового океана освоены рыбопромысловым флотом. Морской флот нашей Родины по тоннажу вышел на одно из первых мест в мире. В его составе преобладают новейшие суда, оснащенные современным штурманским оборудованием.

Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг., утвержденные XXV съездом КПСС, предусматривают дальнейшее развитие морского транспорта. В течение десятой пятилетки грузооборот морского транспорта возрастет примерно в 1,3 раза. Будут построены новые глубоководные порты, оборудованные перегрузочными комплексами. Флот будет пополнен высокопроизводительными сухогрузными, наливными и комбинированными судами общим тоннажем примерно 5 млн. т.

Значительное место в составе транспортного и рыбопромыслового флотов занимают морские маломерные суда. Они выполняют большой объем работы по перевозке грузов и пассажиров в малом плавании и местном сообщении, осуществляют буксировку судов в море и на акватории портов, ведут добычу рыбы в прибрежных водах и в открытом океане. Маломерные суда выполняют рейсы как в малом, так и дальнем плавании.

Профессия судового штурмана является одной из основных на морском флоте. От его знаний и опыта зависит безаварийное плавание судна, успех деятельности всего экипажа по выполнению рейсовых заданий. В основе профессиональных знаний штурмана лежит комплекс дисциплин, объединенных под названием «судовождение». Основная цель судовождения — обеспечение безопасного, по возможности быстрого и экономически выгодного перехода судна между двумя заданными пунктами на море.

В науку судовождения входят навигация, лоция, мореходная астрономия, технические средства судовождения и морская гидрометеорология. Каждая из этих самостоятельных дисциплин играет свою роль в обеспечении плавания судна. Здесь будут рассмотрены три первых из них.

Навигация рассматривает решение таких основных задач судовождения, как выбор безопасного и выгодного пути судна с учетом всех возможных условий плавания, следование избранным путем и определение места судна по счислению, по наземным

ориентирам, учет влияния внешних факторов, вызывающих отклонение судна с выбранного для него пути. Навигация является ведущей дисциплиной науки судовождения.

Лоция дает описание навигационного оборудования морей, знакомит с методами использования морских навигационных и справочных карт, в том числе поддержанием их на уровне современности, с приемами пользования штурманскими пособиями для получения из них необходимых сведений о районе плавания, приливных явлениях и т. д.

Мореходная астрономия рассматривает способы определения места судна в море по небесным светилам и искусственным спутникам Земли, а также определение поправки компасов астрономическими методами. Эта дисциплина использует методы практической астрономии применительно к задачам судовождения.

К техническим средствам судовождения относят магнитные компасы, механические лаги и лоты, электронавигационные и радионавигационные приборы. Их теория, конструкция и правила технической эксплуатации изучаются соответствующей наукой.

При решении отдельных вопросов судовождения необходимо также знание морской гидрометеорологии. Задачей этой дисциплины является использование выводов метеорологии и океанографии для целей судовождения.

Наука судовождения постоянно развивается и совершенствуется. В настоящее время советские и зарубежные ученые ведут работу по комплексной автоматизации судовождения. При этом рассматривается проблема объединения в одном комплексе средств навигации и управления судном, обеспечивающем совместную обработку навигационной информации и выработку управляющих команд с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Первичная информация должна поступать от гирокомпасов, радиолокаторов, приемоиндикаторов радионавигационных систем и лагов. В результате обработки полученной информации ЭВМ должны определять координаты судна и решать задачи предупреждения столкновений.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

НАВИГАЦИЯ



Глава I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

§ 1. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

При решении различных задач судовождения необходимо учитывать форму и размеры Земли. В результате исследований и точных измерений установлено, что действительной формой Земли является геоид—неправильное геометрическое тело, близкое по форме к эллипсоиду вращения (сфероиду). Эллипсоид вращения образуется при вращении эллипса $P_N Q P_S E$ вокруг его малой оси $P_N P_S$ (рис. 1.)

Размеры земного сфероида характеризуются величиной его элементов: полуосей a и b и среднеполярного сжатия α , определяемого отношением разности полуосей эллипсоида к его большой полуоси, т.е. $\alpha = \frac{a-b}{a}$.

Постановлением Совета Министров СССР в Советском Союзе с 1946 г. приняты как обязательные для всех геодезических и картографических работ размеры элементов эллипсоида вращения, вычисленные Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэро съемки и картографии (ЦНИИГАиК) под руковод-

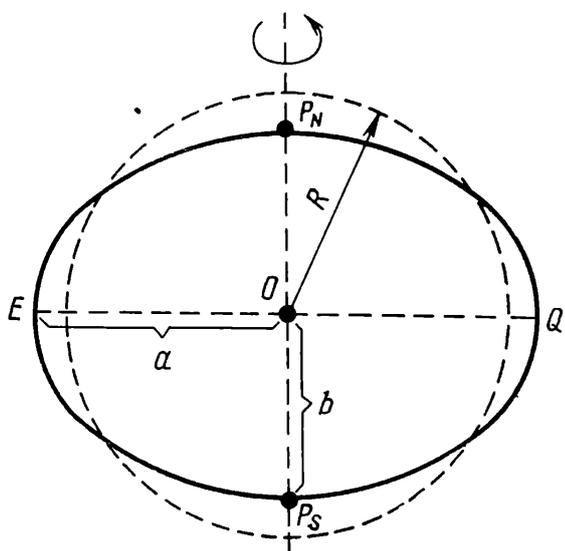


Рис. 1. Эллипсоид вращения

ством проф. Ф. Н. Красовского. Эти размеры выражаются следующими значениями:

большая полуось $a = 6\,378\,245$ м;
 малая полуось $b = 6\,356\,865$ м;
 сжатие Земли $\alpha = \frac{1}{298,3}$.

Разность между длиной большой и малой полуосей земного сфероида составляет только 21 382 м, т. е. всего 0,3% длины большой полуоси. Поэтому при решении большинства навигационных задач допустимо для упрощения всех расчетов принимать Землю за шар, имеющий

объем и поверхность, почти одинаковые с эллипсоидом проф. Красовского. Радиус земного шара R в этом случае составляет 6371,1 км.

§ 2. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Положение различных объектов на поверхности Земли определяется с помощью географических координат. Для отсчета координат на земной шар условно нанесена система точек и кругов (рис. 2).

Воображаемая прямая, вокруг которой происходит суточное вращение Земли, называется земной осью. Точки пересечения ее с поверхностью Земли называются географическими или истинными полюсами: Северным P_N и Южным P_S .

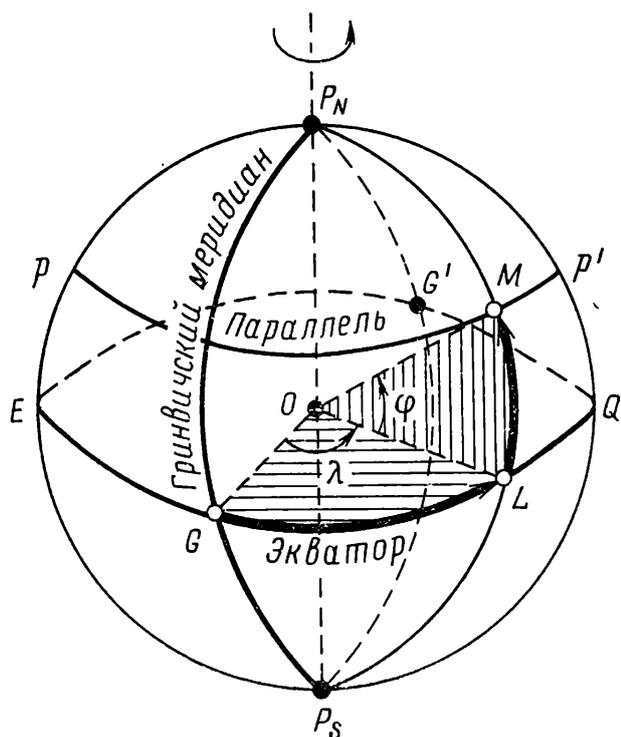


Рис. 2. Географические координаты

При сечении шара плоскостью получается круг, а на поверхности шара образуется окружность. Если секущая плоскость проходит через центр шара, то круг имеет наибольшие размеры и называется большим. Круги, образующиеся от сечения шара плоскостями, не проходящими через его центр, называются малыми.

Окружность большого круга EQ , плоскость которого перпендикулярна земной оси, называется экватором. Он делит земной шар на северное и южное полушария.

Окружности малых кругов, плоскости которых параллельны плоскости экватора, называются параллелями (pp').

Окружности больших кругов, плоскости которых проходят через ось Земли, называются географическими или истинными меридианами. Половину окружности меридиана P_NMP_S , заключенную между полюсами и проходящую через данную точку M , называют меридианом места или меридианом наблюдателя.

Меридиан P_NGP_S , проходящий через астрономическую обсерваторию в г. Гринвиче (Англия), носит название гринвичского меридиана. Его принято считать начальным меридианом для отсчета долгот. Гринвичский меридиан вместе с противоположным ему меридианом $P_NG'P_S$ делит земной шар на восточное и западное полушария.

В систему географических координат входят две сферические координаты: широта и долгота.

Географической широтой точки называется угол при центре Земли, составленный отвесной линией (земным радиусом), проведенной через данную точку, и плоскостью экватора (угол MOL на рис. 2).

Широта измеряется дугой меридиана от экватора до параллели точки. Она отсчитывается к северу или к югу от экватора от 0 до 90° . Если точка находится в северном полушарии, ее широте приписывается наименование N (северная), если в южном, — S (южная). Обозначается широта греческой буквой φ (фи).

Географической долготой точки называется двугранный угол между плоскостью начального (гринвичского) меридиана и плоскостью меридиана данной точки (угол GOL на рис. 2).

Долгота измеряется меньшей из дуг экватора между гринвичским меридианом и меридианом точки и отсчитывается к востоку или к западу от 0 до 180° . Если точка находится в восточном полушарии, то долготе приписывается наименование O^{st} (восточная), если в западном — W (западная). Обозначается долгота греческой буквой λ (лямбда).

§ 3. РАЗНОСТЬ ШИРОТ И РАЗНОСТЬ ДОЛГОТ

Географические координаты судна в результате сделанного перехода изменяются. Величины изменения широты и долготы судна носят название разности широт $PШ$ и разности долгот $PД$.

Разность широт двух точек на земной поверхности измеряется дугой меридиана, заключенной между параллелями этих точек.

Если широты пункта отхода и пункта прихода судна одноименны, т. е. обе N или S , то $PШ$ численно равна разности большей и меньшей широты этих точек (точки B и A на рис. 3, а). Если же пункты отхода и прихода расположены в разных полушариях, т. е. их широты разноименны, то $PШ$ численно равна сумме широт двух точек (точки C и D на рис. 3, б).

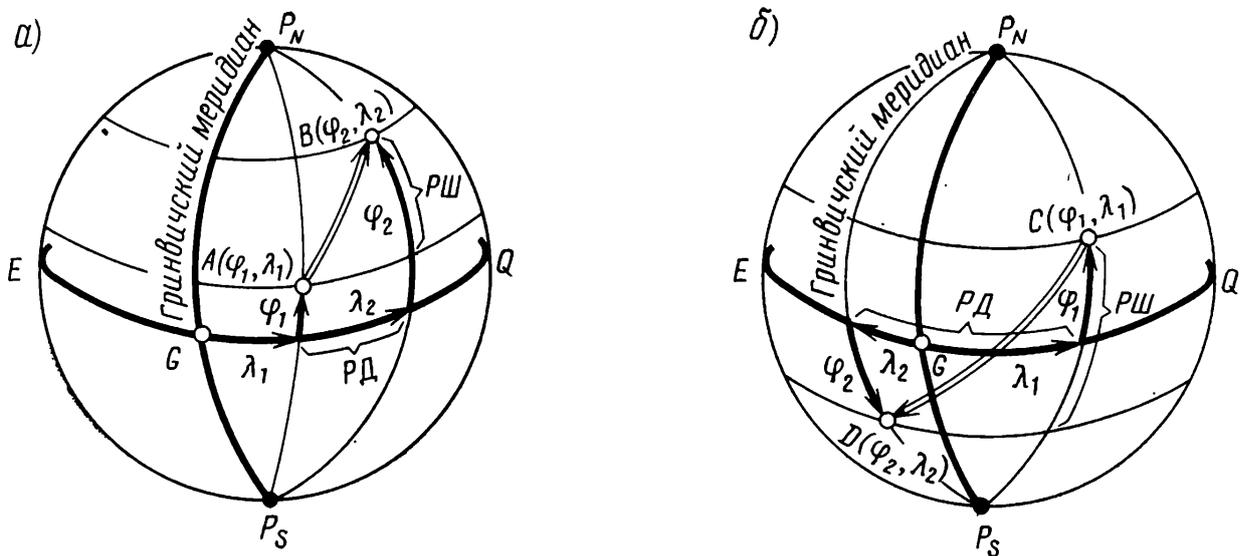


Рис. 3. Разность широт и разность долгот:
 а — в одном полушарии; б — в разных полушариях

Наибольшая величина $PШ$ может составить 180° , что соответствовало бы перемещению судна из одного полюса в другой. Если судно перемещалось по какой-либо одной параллели, то $PШ$ равна 0° .

Вычисленной величине $PШ$ приписывается наименование к N или к S в зависимости от того, в каком направлении перемещалось судно.

Разность долгот двух точек на земной поверхности измеряется меньшей из дуг экватора, заключенных между меридианами этих точек.

Если долготы пункта отхода и пункта прихода одноименны, т. е. обе O^{st} , или W, то $PД$ численно равна разности большей и меньшей долгот этих точек (точки B и A на рис. 3, а). Если же пункты отхода и прихода расположены в различных полушариях, т. е. их долготы разноименны, то $PД$ численно равна сумме долгот этих точек (точки C и D на рис. 3, б).

Так как за $PД$ принимается всегда меньшая из дуг экватора, то ее величина не может превышать 180° . Поэтому если при сложении разноименных долгот будет получена величина, большая 180° , то за $PД$ принимается дополнение до 360° . Такой случай может возникнуть при пересечении судном меридиана 180° .

Вычисленной величине $PД$ также приписывается наименование к O^{st} или к W в зависимости от того, в каком направлении перемещалось судно.

Если северной широте и восточной долготе условно приписать знак «плюс», а южной широте и западной долготе знак «минус», то вычисление $PШ$ и $PД$ может производиться по алгебраическим формулам:

$$\left. \begin{aligned} PШ &= \varphi_2 - \varphi_1 \\ PД &= \lambda_2 - \lambda_1 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где φ_2 и λ_2 координаты конечной, а φ_1 и λ_1 — начальной точек плавания.

Знак результата, полученного при вычислении по формулам, покажет наименования *РШ* и *РД*.

Пример 1. Судно вышло из пункта *A* с координатами $\varphi_1 = 12^\circ 17',3N$ и $\lambda_1 = 55^\circ 44',8W$ и пришло в пункт *B* с координатами $\varphi_2 = 8^\circ 24',8S$ и $\lambda_2 = 22^\circ 03',1W$.

Определить *РШ* и *РД*.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad - \varphi_2 = - 8^\circ 24',8 \\ \quad \quad \quad \varphi_1 = + 12^\circ 17',3 \\ \hline \text{РШ} = - 20^\circ 42',1 \\ \text{РШ} = 20^\circ 42',1 \text{ к S} \end{array} \qquad \begin{array}{r} - \lambda_2 = - 22^\circ 03',1 \\ \quad \quad \quad \lambda_1 = - 55^\circ 44',8 \\ \hline \text{РД} = + 33^\circ 41',7 \\ \text{РД} = 33^\circ 41',7 \text{ к O}^{\text{st}} \end{array}$$

Пример 2. Судно вышло из пункта *A* с координатами $\varphi_1 = 32^\circ 58',5S$ и $\lambda_1 = 172^\circ 44',2O^{\text{st}}$ и пришло в пункт *B* с координатами $\varphi_2 = 14^\circ 17',1S$ и $\lambda_2 = 163^\circ 07',8W$. При плавании был пересечен меридиан 180° .

Определить *РШ* и *РД*.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad - \varphi_2 = - 14^\circ 17',1 \\ \quad \quad \quad \varphi_1 = - 32^\circ 58',5 \\ \hline \text{РШ} = + 18^\circ 41',4 \\ \text{РШ} = 18^\circ 41',4 \text{ к N} \end{array} \qquad \begin{array}{r} - \lambda_2 = - 163^\circ 07',8 \\ \quad \quad \quad \lambda_1 = + 172^\circ 44',2 \\ \hline \text{РД} = - 335^\circ 52',0 = + 24^\circ 08',0 \\ \text{РД} = 24^\circ 08',0 \text{ к O}^{\text{st}} \end{array}$$

Чтобы не ошибиться в величине и наименовании вычисляемых *РШ* и *РД*, следует хорошо представлять взаимное расположение меридианов и параллелей на земном шаре. Для контроля правильности решения можно пользоваться земным глобусом, на поверхность которого мягким карандашом наносятся пункты отхода и прихода.

На практике бывает нужным найти координаты точки, в которую пришло судно, если заданы координаты пункта отхода, а также *РШ* и *РД*, характеризующие положение точки прихода. При решении таких задач следует представить себе положение пункта отхода и учесть направление перемещения судна, о котором можно судить по наименованию заданных *РШ* и *РД*. Вычисления можно также вести по алгебраическим формулам

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \text{РШ}; \quad \lambda_2 = \lambda_1 + \text{РД}.$$

Пример 3. Судно вышло из точки *A* с координатами $\varphi_1 = 42^\circ 13',4N$ и $\lambda_1 = 161^\circ 10',4O^{\text{st}}$. *РШ* = $18^\circ 10',8$ к S, *РД* = $05^\circ 20',4$ к W.

Определить координаты пункта прихода φ_2 и λ_2 .

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad + \varphi_1 = + 42^\circ 13',4 \\ \quad \quad \quad \text{РШ} = - 18^\circ 10',8 \\ \hline \varphi_2 = + 24^\circ 02',6 \\ \varphi_2 = 24^\circ 02',6N \end{array} \qquad \begin{array}{r} + \lambda_1 = + 161^\circ 10',4 \\ \quad \quad \quad \text{РД} = - 05^\circ 20',4 \\ \hline \lambda_2 = + 155^\circ 50',0 \\ \lambda_2 = 155^\circ 50',0 O^{\text{st}} \end{array}$$

§ 4. ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ, ПРИНЯТЫЕ В СУДОВОЖДЕНИИ

За основную единицу длины, служащую для измерения расстояний в море, в судовождении принята морская миля.

Морской милей называется линейная величина одной минуты дуги земного меридиана.

Так как Земля не является шаром, то длина l' дуги земного меридиана изменяется с широтой. У экватора она составляет 1842,9 м, в широте 45° — 1852,2 и у полюса — 1861,6 м. Пользоваться такой переменной величиной неудобно. Поэтому в 1928 г. Международным гидрографическим бюро было принято округленное значение средней величины морской мили, равное 1852 м. Такое значение мили принято и в СССР.

Для измерения небольших расстояний принята единица длины кабельтов, равный одной десятой части мили. Округленно кабельтов считается равным 185 м.

Глубины моря и высоты предметов на советских морских картах измеряются в метрах. На английских картах для указания высот предметов применяются *футы* (0,3048 м), а для указания глубин — *футы* и морские *сажени* (6 футов, или 1,83 м). Соотношения между единицами длины приводятся в табл. 44 Мореходных таблиц 1975 г. (МТ — 75).

Скорость судна при плавании в море измеряют узлами. Узел — это единица скорости, равная 1 морской миле в час.

В МТ—75 помещена табл. 37 «Скорость в различных единицах измерения», с помощью которой скорость, заданную в узлах, можно переводить в километры в час и метры в секунду, а также решать обратные задачи.

§ 5. ОСНОВНЫЕ ЛИНИИ И ПЛОСКОСТИ НАБЛЮДАТЕЛЯ

Для ориентирования в море принята система условных линий и плоскостей наблюдателя. На рис. 4 изображен земной шар, на поверхности которого в точке M располагается наблюдатель. Его глаз находится в точке A . Буквой e обозначена высота глаза наблюдателя над уровнем моря. Линия ZMn , проведенная через место наблюдателя и центр земного шара, называется отвесной, или вертикальной, линией. Все плоскости, проведенные через эту линию, называются вертикальными, а перпендикулярные ей — горизонтальными. Горизонтальная плоскость HN' , проходящая через глаз наблюдателя, называется плоскостью истинного горизонта наблюдателя.

Вертикальная плоскость VV' , проходящая через место наблюдателя M и земную ось, называется плоскостью истинного ме-

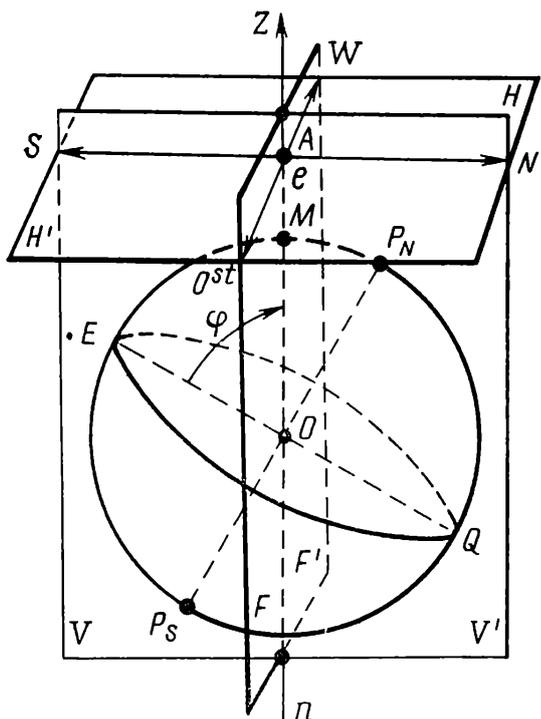


Рис. 4. Основные линии и плоскости наблюдения

ридиана. В пересечении этой плоскости с поверхностью Земли образуется большой круг $P_N E P_S Q$, называемый истинным меридианом наблюдателя.

Прямая, полученная от пересечения плоскости истинного горизонта с плоскостью истинного меридиана, называется линией истинного меридиана или линией N—S. Этой линией определяются направления на северную и южную точки горизонта.

Вертикальная плоскость FF' , перпендикулярная плоскости истинного меридиана, называется плоскостью первого вертикала. В пересечении с плоскостью истинного горизонта она образует линию $O^{st}—W$, перпендикулярную линии N—S и определяющую направления на восточную и западную точки горизонта.

Линии N—S и $O^{st}—W$ делят плоскость истинного горизонта на четверти: NO, SO, SW и NW.

§ 6. ВИДИМЫЙ ГОРИЗОНТ НАБЛЮДАТЕЛЯ И ЕГО ДАЛЬНОСТЬ

Плоскость истинного горизонта наблюдателя HN' может быть представлена только в воображении. В открытом море наблюдатель видит вокруг судна водную поверхность, ограниченную малым кругом CC_1 (рис. 5). Этот круг носит название видимого горизонта наблюдателя, а расстояние D_e от места судна M до линии видимого горизонта CC_1 называется дальностью видимого горизонта.

На практике возникает необходимость в определении дальности видимого горизонта. Для вывода формулы, служащей для расчета D_e , приведем из глаза наблюдателя A , расположенного на высоте e над уровнем моря, касательные к морской поверхности. Соединив точки касания B, B_1, B_2, B_3 , получим малый круг BB_3 — теоретический видимый горизонт. Дальность теоретического видимого горизонта $D_T = AB$ найдем из прямоугольного треугольника AOB :

$$D_T^2 = AB^2 = AO^2 - OB^2.$$

Стороны треугольника AO и OB могут быть выражены через радиус Земли R и высоту глаза наблюдателя e :

$$\begin{aligned} AO &= OM + MA = R + e, \\ OB &= R. \end{aligned}$$

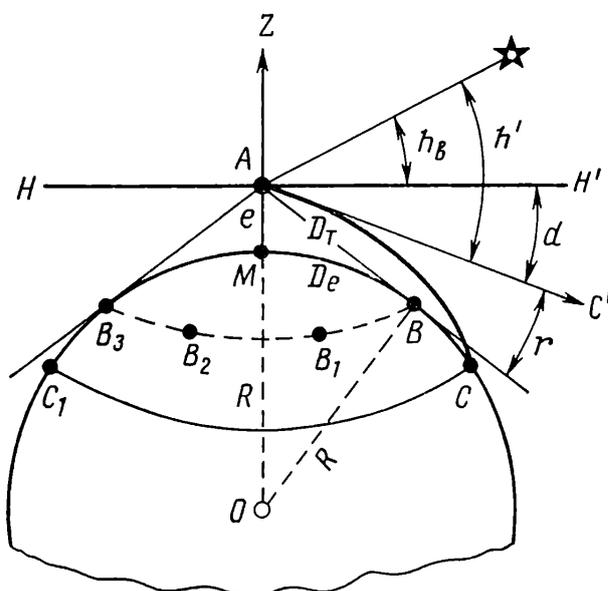


Рис. 5. Видимый горизонт наблюдателя

Тогда

$$D_{\tau}^2 = (R + e)^2 - R^2 = R^2 + 2Re + e^2 - R^2 = 2Re + e^2,$$

$$\text{или } D_{\tau}^2 = 2Re \left(1 + \frac{e}{2R}\right).$$

Пренебрегая величиной $\frac{e}{2R}$, которая близка к нулю (значение e во много раз меньше R), напишем

$$D_{\tau} = \sqrt{2Re}. \quad (2)$$

Теоретическая дальность видимого горизонта D_{τ} всегда меньше его действительной дальности D_e . Это объясняется тем, что из-за различной плотности слоев атмосферы по высоте луч света распространяется в ней не прямолинейно, а по кривой AC . В результате наблюдатель может видеть дополнительно некоторую часть водной поверхности, расположенную за линией теоретического видимого горизонта и ограниченную малым кругом CC_1 . Этот круг и является линией видимого горизонта наблюдателя.

Явление преломления световых лучей в атмосфере называется земной рефракцией. Величина рефракции зависит от атмосферного давления, температуры и влажности воздуха. В одном и том же месте Земли рефракция может меняться даже на протяжении одних суток. Поэтому при расчетах дальности видимого горизонта принимается ее среднее значение. Так как в среднем рефракция увеличивает дальность видимого горизонта на 8%, то

$$D_e = 1,08D_{\tau} = 1,08\sqrt{2Re}.$$

Подставив в формулу значение R и e (в метрах), произведем преобразования, в результате которых получим D_e (в морских милях),

$$D_e = 1,08 \sqrt{\frac{2 \cdot 6371110}{1852 \cdot 1852}} \sqrt{e}, \text{ или}$$

$$D_e = 2,08 \sqrt{e}, \quad (3)$$

где D_e — дальность видимого горизонта, мили;

e — высота глаза наблюдателя, м.

По формуле (3) составлена табл. 22 МТ—75 «Дальность видимого горизонта».

Следует помнить, что действительное значение дальности видимого горизонта в момент наблюдения может не совпадать с рассчитанным по формуле из-за отклонения величины земной рефракции от среднего значения.

В результате рефракции наблюдатель видит линию горизонта в направлении AC' , касательном к дуге AC . Эта линия приподнята на угол r над прямым лучом AB . Угол r также называется земной рефракцией.

Угол d между плоскостью истинного горизонта NN' и направлением на видимый горизонт называется наклонением видимого горизонта.

§ 7. ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ПРЕДМЕТОВ И ОГНЕЙ

Дальность видимого горизонта позволяет судить о видимости предметов, находящихся на уровне воды. Если предмет имеет определенную высоту h над уровнем моря, то наблюдатель может обнаружить его на расстоянии, превышающем D_e , так как какая-то часть предмета будет возвышаться над горизонтом. Следовательно, предельная дальность видимости предмета D_{Π} (рис. 6) зависит как от высоты глаза наблюдателя e , так и от высоты самого предмета h . Из рис. 6 видно, что дальность видимости предмета равна сумме дальностей видимого горизонта с высоты глаза наблюдателя e и с высоты предмета h , т.е.

$$D_{\Pi} = D_e + D_h,$$

или

$$D_{\Pi} = 2,08 \sqrt{e} + 2,08 \sqrt{h}, \quad (4)$$

где e и h выражены в метрах, а D_{Π} — в милях.

По формуле (4) рассчитана помещенная в приложениях к МТ—75 номограмма, с помощью которой можно быстро найти величину D_{Π} в милях по известным e и h . Величина D_{Π} может быть найдена и с помощью табл. 22 МТ—75 путем сложения выбранных из нее дальностей видимого горизонта с высот e и h .

Пример 4. В пособии указана высота знака над уровнем моря $h = 35$ м, $e = 12$ м. На каком расстоянии должен открыться знак?

Решение. По табл. 22 МТ—75 находим: $D_{\Pi} = 7,2 + 12,3 = 19,5$ мили.

На морских картах и в навигационных пособиях приводится заранее вычисленная дальность видимости огней маяков D_K с высоты глаза наблюдателя 5 м. С такой высоты дальность видимого горизонта равна 4,7 мили. При высоте глаза наблюдателя, отличающейся от 5 м, в D_K следует вносить поправку. Как видно из рис. 6, величина поправки ΔD_K равна разности дальностей види-

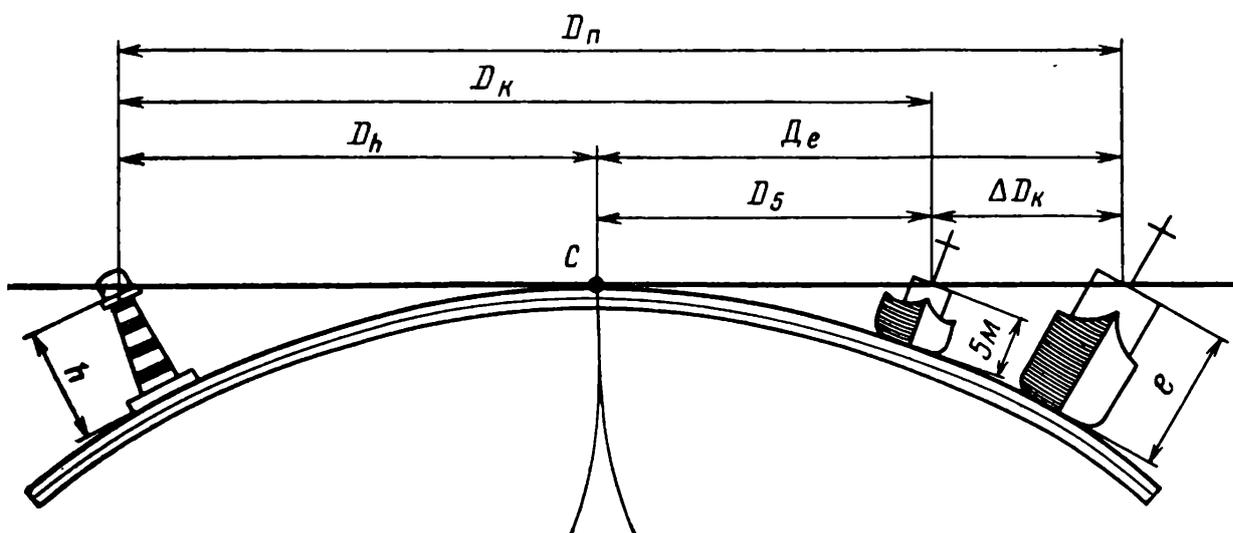


Рис. 6. Дальность видимости предмета

мого горизонта с действительной высоты глаза наблюдателя e и расчетной высоты 5 м:

$$\Delta D_k = D_e - D_5 = 2,08 \sqrt{e} - 2,08 \sqrt{5},$$

или

$$\Delta D_k = 2,08 \sqrt{e} - 4,7. \quad (5)$$

Знак поправки положителен, если $e > 5$ м и отрицателен, если $e < 5$ м.

Действительная дальность видимости огней маяков рассчитывается по формуле

$$D_{\Pi} = D_k + \Delta D_k. \quad (6)$$

Пример 5. Указанная на карте дальность видимости маяка $D_k = 12$ миль; $e = 3$ м. На каком расстоянии откроется маяк?

Решение. $\Delta D_k = 2,08 \sqrt{3} - 4,7 = 3,6 - 4,7 = -1,1$ мили. $D_{\Pi} = D_k + \Delta D_k = 12 + (-1,1) = 10,9$ мили.

Если в течение рейса осадка судна, и следовательно высота глаза наблюдателя, меняется незначительно, то поправка ΔD_k может быть вычислена один раз на данный переход.

Дальность видимости предметов, рассчитанная по формуле (4), называется геометрической или географической. Вычисленные результаты соответствуют некоторому среднему состоянию атмосферы в дневное время суток. При мгле, дожде, снегопаде или тумане видимость предметов, естественно, сокращается. Наоборот, при определенном состоянии атмосферы рефракция может быть очень большой, вследствие чего дальность видимости предметов оказывается значительно больше рассчитанной.

На маяках источники света обычно имеют такую мощность, которая обеспечивает видимость огня на расстоянии, не меньшем геометрической дальности видимости маяка. Однако в отдельных случаях *оптическая* дальность видимости огня, зависящая от силы источника света, может быть меньше геометрической. Тогда на картах указывается меньшая дальность видимости. Поэтому при расчете дальности видимости маяков в дневное время рекомендуется вычислять ее по формуле $D_{\Pi} = D_e + D_h$, выбирая значение h из навигационных пособий.

Глава II

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ В МОРЕ

§ 8. СИСТЕМЫ ДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТА

Направления на поверхности Земли определяются путем измерения горизонтальных углов между плоскостью истинного меридиана наблюдателя и вертикальной плоскостью, проведенной через

а затем уже к круговой. При этом следует помнить, что NO четверть содержит в себе направления от 0 до 90°, SO — от 90 до 180°, SW — от 180 до 270° и NW — от 270 до 360°, а также знать величину от 1 до 8 румбов в градусах:

$$\begin{array}{ll} 1R = 11^\circ \frac{1}{4} & 5R = 56^\circ \frac{1}{4} \\ 2R = 22^\circ \frac{1}{2} & 6R = 67^\circ \frac{1}{2} \\ 3R = 33^\circ \frac{1}{4} & 7R = 78^\circ \frac{3}{4} \\ 4R = 45^\circ & 8R = 90^\circ \end{array}$$

Зная порядковый номер заданного для перевода румба, принимают содержащееся в нем число градусов за направление по четвертной системе, указывая наименование соответствующей четверти. Затем переходят от четвертной разбивки к круговой, руководствуясь следующими правилами: в NO четверти наименование четверти отбрасывается, а число градусов остается без изменения, в SO — направление по четвертной системе вычитают из 180°, в SW это направление складывают со 180°, в NW — вычитают из 360°.

Пример 6. Перевести в градусы заданные направления в румбах: NNO, SotO, SW, WtN.

Решение. NNO — это второй румб NO четверти, т. е. $22^\circ \frac{1}{2}$ NO, или $22^\circ \frac{1}{2}$;

SotO — это пятый румб SO четверти, т. е. $56^\circ \frac{1}{4}$ SO, или $180 - 56 \frac{1}{4} = 123^\circ \frac{3}{4}$;

SW — это четвертый румб SW четверти, т. е. 45° SW, или $180 + 45 = 225^\circ$;

WtN — это седьмой румб NW четверти, т. е. $78^\circ \frac{3}{4}$ NW, или $360 - 78 \frac{3}{4} = 281^\circ \frac{1}{4}$.

Значения главных и четвертных румбов в градусах следует помнить наизусть:

$$\begin{array}{ll} N = 0^\circ (360^\circ) & S = 180^\circ \\ NO = 45^\circ & SW = 225^\circ \\ O^{st} = 90^\circ & W = 270^\circ \\ SO = 135^\circ & NW = 315^\circ \end{array}$$

Для перевода румбов в градусы можно также пользоваться табл. 41 МТ—75.

В мореходной астрономии для измерения направлений на небесные светила наряду с круговой и четвертной системами применяется полукруговая система деления горизонта. В этой системе за начало отсчета могут приниматься точки N или S, от которых счет ведется как к Ost, так и к W от 0 до 180°.

§ 9. ИСТИННЫЕ КУРСЫ И ПЕЛЕНГИ. КУРСОВОЙ УГОЛ

В навигации постоянно приходится определять направление движения судна, а также направления на видимые с судна ориентиры.

Направление движения судна определяется двугранным углом между нордовой частью плоскости истинного меридиана $P_N P_S$ и

диаметральной плоскостью судна DD' . Этот угол называется истинным курсом ($ИК$).

Направление на ориентир определяется двугранным углом между нордовой частью плоскости истинного меридиана $P_N P_S$ и вертикальной плоскостью CC' , проходящей через место наблюдателя O и ориентир M . Этот угол называется истинным пеленгом ($ИП$).

Оба направления отсчитываются от нордовой части истинного меридиана по часовой стрелке от 0 до 360° .

На поверхности Земли $ИК$ и $ИП$ измеряются сферическими углами $P_N O D$ и $P_N O M$, образованными соответствующими дугами больших кругов (рис. 8).

На плоскости истинного горизонта $ИК$ и $ИП$ измеряются плоскими углами, образованными прямыми линиями, по которым плоскость истинного меридиана, диаметральной плоскости судна и вертикальная плоскость, проходящая через ориентир, пересекается с плоскостью истинного горизонта (рис. 9).

Таким образом, $ИК$ и $ИП$ можно дать следующие определения:
истинным курсом называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от нордовой части истинного меридиана по часовой стрелке до носовой части диаметральной плоскости судна;
истинным пеленгом называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от нордовой части истинного меридиана по часовой стрелке до направления на ориентир.

Угол, отличающийся от $ИП$ на 180° , называется обратным истинным пеленгом ($ОИП$)

$$ОИП = ИП \pm 180^\circ, \text{ или}$$

$$ИП = ОИП \pm 180^\circ.$$

Знак (+) при расчетах берется в том случае, если $ИП$ ($ОИП$) меньше 180° ; знак (-), если $ИП$ ($ОИП$) больше 180° .

Обратный истинный пеленг является углом при ориентире, отсчитываемым от нордовой части истинного меридиана по часовой стрелке до направления с ориентира на судно (см. рис. 9).

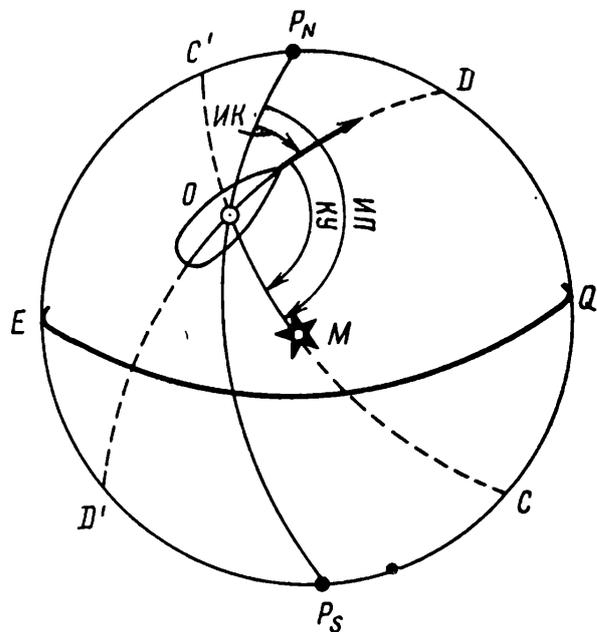


Рис. 8. Изображение истинного курса, истинного пеленга и курсового угла на поверхности Земли

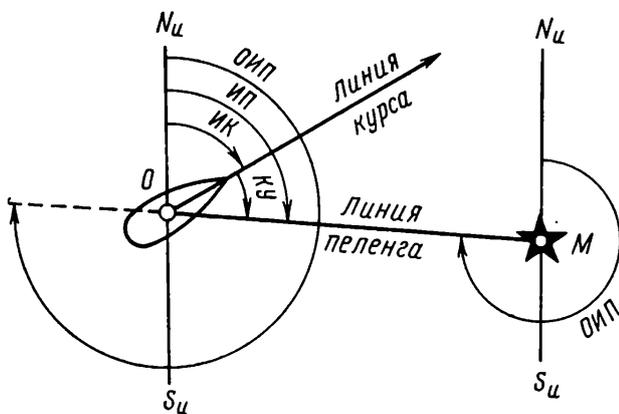


Рис. 9. Изображение истинного курса, истинного пеленга и курсового угла на плоскости истинного горизонта

Направления на различные ориентиры, видимые с судна, могут определяться также относительно диаметральной плоскости судна.

Курсовым углом (КУ) называется угол в плоскости истинного горизонта, заключенный между носовой частью диаметральной плоскости судна и направлением на ориентир (см. рис. 9).

Счет курсовых углов ведется по круговой системе от 0 до 360° по часовой стрелке или вправо и влево от диаметральной плоскости от 0 до 180°. Во втором случае КУ приписывают наименование правого (*пр/б*) или левого (*л/б*) борта.

Между *ИК*, *ИП* и *КУ*, заданным по круговой системе счета, существует зависимость:

$$\left. \begin{aligned} ИП &= ИК + КУ \\ ИК &= ИП - КУ \\ КУ &= ИП - ИК \end{aligned} \right\} . \quad (7)$$

Пример 7. $ИК = 70^\circ$; $КУ = 30^\circ$. Найти *ИП*.

Решение. $ИП = ИК + КУ = 70 + 30 = 100^\circ$.

Пример 8. $ИП = 120^\circ$; $КУ = 135^\circ$. Найти *ИК*.

Решение. $ИК = ИП - КУ = 120 - 135 = 480 - 135 = 345^\circ$.

В данном случае *ИП* пришлось увеличить на 360°, чтобы *ИК* получился величиной положительной.

Если *КУ* задан по полукруговому счету, то *ИП* и *ИК* вычисляются по формулам $ИП = ИК \pm КУ \frac{пр/б}{л/б}$ и $ИК = ИП \pm КУ \frac{л/б}{пр/б}$.

Когда *КУ* предмета равен 90° правого или левого борта, то говорят, что предмет находится на траверзе, указывая при этом наименование борта. Так как траверзное направление перпендикулярно диаметральной плоскости судна, то для расчета истинного пеленга ориентира в момент нахождения его на траверзе пользуются соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} ИП_{\perp} &= ИК \pm 90^\circ \frac{пр/б}{л/б} \\ ОИП_{\perp} &= ИК \pm 90^\circ \frac{л/б}{пр/б} \end{aligned} \right\} . \quad (8)$$

При указании направлений в море в судовождении часто пользуются терминами: «линия курса» и «линия пеленга». Линией курса называют след от пересечения диаметральной плоскости судна с плоскостью истинного горизонта, а линией пеленга — след от пересечения плоскости истинного горизонта вертикальной плоскости, проходящей через ориентир (см. рис. 9).

§ 10. ПОНЯТИЕ О ЗЕМНОМ МАГНЕТИЗМЕ. МАГНИТНОЕ СКЛОНЕНИЕ И ЕГО ВЫБОРКА

Для измерения в море курсов и пеленгов необходимо в любой момент знать направление на Северный полюс. Для этой цели издавна стали применять магнитные компасы, в которых используется свойство намагниченной стрелки располагаться вдоль си-

ловых линий магнитного поля Земли в направлении север—юг. (Описание судовых магнитных компасов см. в гл. III.)

В магнитном отношении Земля представляет собой огромный по величине магнит, магнитное поле которого окружает земной шар. Магнитные полюса Земли располагаются сравнительно недалеко от географических, но с ними не совпадают. Кроме того, они постепенно изменяют свое положение. Северный магнитный полюс в настоящее время располагается приблизительно в $\varphi = 72^\circ\text{N}$ и $\lambda = 96^\circ\text{W}$, южный примерно в $\varphi = 70^\circ\text{S}$ и $\lambda = 150^\circ\text{O}^{\text{st}}$.

Силовые линии магнитного поля Земли выходят из южного магнитного полюса P_{SM} и замыкаются в северном P_{NM} (рис. 10).

Магнитное поле в каждой точке характеризуется величиной его напряженности T . Вектор T располагается всегда по касательной к силовой линии. Полную напряженность магнитного поля Земли T можно разложить на горизонтальную H и вертикальную Z составляющие. Горизонтальная составляющая удерживает помещенную в поле Земли магнитную стрелку в направлении магнитной силовой линии, что использовано в устройстве магнитных компасов, а вертикальная — наклоняет стрелку. При этом

$$H = T \cos I \text{ и } Z = T \sin I,$$

где угол I — магнитное наклонение.

В общем случае магнитная стрелка компаса оказывается отклоненной на некоторый угол от плоскости истинного меридиана наблюдателя, так как магнитные и географические полюсы Земли не совпадают.

Вертикальная плоскость, проходящая через ось свободно подвешенной магнитной стрелки, называется плоскостью магнитного меридиана, а след от пересечения этой плоскости с плоскостью истинного горизонта — магнитным меридианом $N_M - S_M$ (рис. 11).

Горизонтальный угол, на который в данной точке Земли плоскость магнитного меридиана отклоняется от плоскости истинного меридиана, называется магнитным склонением d . Оно отсчитывается от северной части истинного меридиана $N_{\text{и}}$ к O^{st} или к W от 0 до 180° . Если северная часть магнитного меридиана N_M отклонена от $N_{\text{и}}$ к востоку, то склонение имеет наименование O^{st} (остовое) и ему приписывается знак (+), если к западу, то W (вестовое) со знаком (—). В отдельных точках Земли магнитное скло-

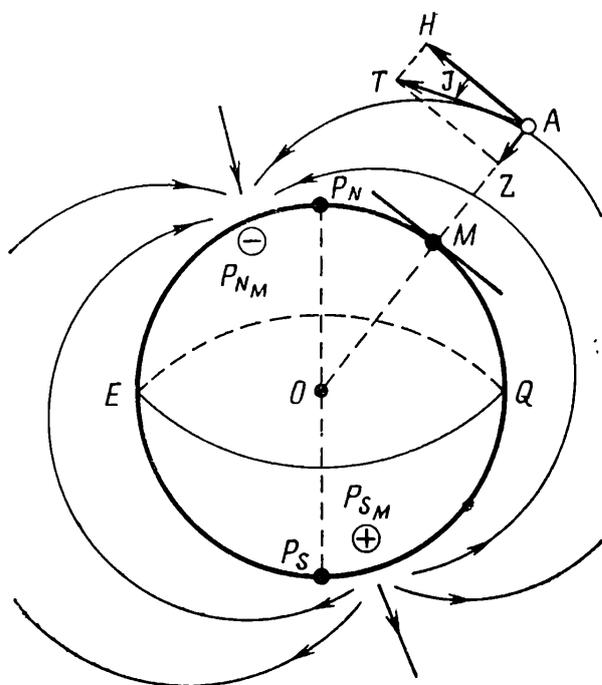


Рис. 10. Магнитное поле Земли

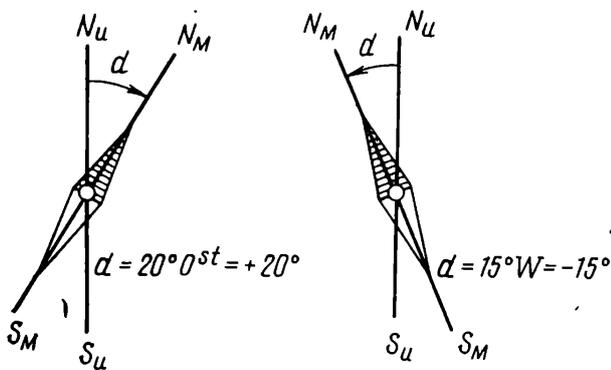


Рис. 11. Магнитное склонение: восточное — O^{st} и западное — W

нение отличается как по величине, так и по наименованию. В большей части судоходных районов склонение не превышает $25^{\circ}O^{st}$ или W . Исключением являются высокие широты, где склонение может достигнуть десятков градусов, а между одноименными магнитными и географическими полюсами даже 180° .

Измерением склонения и других элементов земного магнетизма

в морях и океанах занимаются специальные экспедиционные суда. На основе полученных данных составлены карты магнитных склонений, называемые изогоническими. Кривые линии, соединяющие на этих картах места с одинаковыми склонениями, называются изогонами, а кривая, соединяющая места с нулевым склонением — агоной.

Вертикальный угол между осью свободно подвешенной магнитной стрелки и плоскостью горизонта называется магнитным наклонением I . В разных точках Земли магнитная стрелка наклоняется на разные углы, причем в северном полушарии под горизонт наклонен северный конец стрелки. С приближением к магнитным полюсам наклонение увеличивается и на полюсах стрелка становится вертикально, т. е. $I = 90^{\circ}$. Кривые, соединяющие места с одинаковым магнитным наклонением, называются изоклинами. Нулевая изоклина, вдоль которой наклонение равно 0, называется магнитным экватором. Магнитный экватор является кривой неправильной формы, пересекающей географический экватор в двух точках. Магнитные карты, на которых показано распределение магнитного наклонения называются изоклиническими.

На магнитном экваторе горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля Земли H имеет наибольшую величину, а на магнитных полюсах равна нулю. Поэтому магнитный компас лучше работает вблизи магнитного экватора и не работает в районах магнитных полюсов.

Величины T , H , Z , d и I (см. рис. 10) называются элементами земного магнетизма.

Выборка магнитного склонения с навигационной карты. Чтобы правильно использовать магнитный компас, необходимо знать величину магнитного склонения в районе плавания. С этой целью на навигационные карты наносят величину и наименование склонения. Однако наблюдениями установлено, что величина склонения не остается постоянной. В отдельных районах за год она может изменяться до $0,2—0,3^{\circ}$. Поэтому на навигационных картах указываются также год, к которому отнесено склонение, и величина его годового изменения. Эти сведения наносят различными способами. Обычно надписи о величине склонения помещают в центре истин-

ных картушек, размещенных на водной поверхности (приложение 1). Иногда такие же надписи наносят на карту без изображения картушек, например «магн. скл. $1^{\circ}, 2W^e$ ». Если величина склонения одинакова для всего района, охватываемого картой, то данные о нем помещают в заголовке карты. Величину годового изменения склонения обычно указывают в заголовке карты, однако, если она неодинакова в разных районах карты, ее показывают рядом со сведениями о величине склонения. Магнитное склонение, учитываемое при прокладке пути судна, необходимо приводить к году плавания. Для этого к нанесенному на карте склонению прибавляют или вычитают из него годовое изменение склонения, умноженное на разность лет между годом фактического плавания и годом, к которому относится склонение на карте.

Пример 9. Магнитное склонение, указанное на карте $d_1 = 4^{\circ}, 10^{st}$ (отнесено к 1970 г.); годовое увеличение $0^{\circ}, 09$. Определить склонение d_2 на 1976 г.

Решение. $\Delta d = (+ 0^{\circ}, 09) \times 6 \text{ лет} = + 0^{\circ}, 54 \approx + 0^{\circ}, 5$.
 $d_2 = 4,1 + 0,5 = 4^{\circ}, 60^{st}$.

Пример 10. Магнитное склонение, указанное на карте $d_1 = 1^{\circ}, 1W$ (отнесено к 1965 г.); годовое уменьшение $0^{\circ}, 21$. Определить склонение d_2 на 1976 г.

Решение. $\Delta d = (- 0^{\circ}, 21) \times 11 \text{ лет} = - 2^{\circ}, 31 \approx - 2^{\circ}, 3$.
 $d_2 = 1,1 - 2,3 = - 1^{\circ}, 2 = 1^{\circ}, 2W$.

склонение, уменьшаясь, достигло 0° и перешло в склонение другого, востового, наименования.

Приведенные склонения записывают простым карандашом рядом со старыми, которые зачеркивают. Если место судна находится в районе, расположенном между двумя обозначениями склонения, то нужное склонение определяют путем интерполяции.

В наиболее изученных морях магнитное склонение известно с точностью до $+ 0^{\circ}, 25$. В океанах, менее изученных в магнитном отношении, ошибки в выбранных величинах склонения могут достигать $\pm 2-3^{\circ}$.

В некоторых пунктах земной поверхности склонение резко отличается от его среднего значения для данного района моря или океана. Такое явление носит название *магнитной аномалии*. Магнитные аномалии возникают в местах, где под поверхностью Земли имеется скопление магнитных пород, создающих добавочное магнитное поле. Границы аномалий очерчены на морских картах кривыми черными линиями с указанием крайних пределов изменения магнитного склонения. При плавании в таких районах показания магнитного компаса ненадежны.

Протекающие на Солнце явления могут вызывать внезапные и резкие изменения склонения и других элементов земного магнетизма. Продолжительность таких изменений составляет от нескольких часов до нескольких суток, их называют *магнитными бурями*. Во время магнитных бурь показания магнитных компасов недостоверны.

Курсы судна и пеленги ориентиров могут отсчитываться не только от истинного, но и от магнитного меридиана. Такие направления, называемые магнитным курсом (*МК*) и магнитным пеленгом (*МП*), показывает магнитный компас, если он находится только под действием сил земного магнетизма и на него не влияют никакие другие магнитные поля.

На плоскости истинного горизонта *МК* и *МП* измеряются плоскими углами, образованными прямыми линиями, по которым плоскость магнитного меридиана, диаметральной плоскость судна и вертикальная плоскость, проходящая через ориентир, пересекаются с плоскостью истинного горизонта (рис. 12).

В соответствии с этим *МК* и *МП* можно дать следующие определения:

магнитным курсом называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от нордовой части магнитного меридиана по часовой стрелке до носовой части диаметральной плоскости судна;

магнитным пеленгом называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от нордовой части магнитного меридиана по часовой стрелке до направления на ориентир.

Угол, отличающийся от *МП* на 180° , называется обратным магнитным пеленгом (*ОМП*)

$$\text{ОМП} = \text{МП} \pm 180^\circ, \text{ или } \text{МП} = \text{ОМП} \pm 180^\circ.$$

Магнитные курсы и пеленги могут быть в пределах от 0 до 360° . Зная магнитное склонение в данном месте Земли, можно по

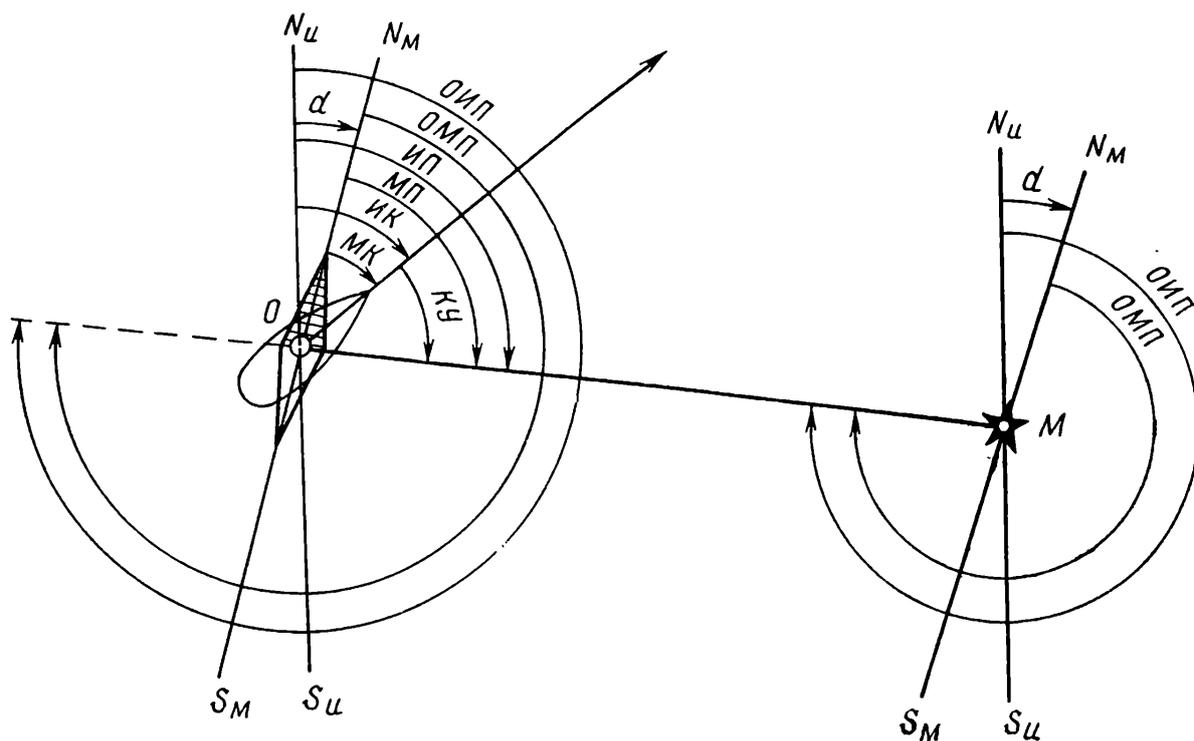


Рис. 12. Зависимость между истинными и магнитными направлениями

известным магнитным направлениям получить истинные, а также решить обратную задачу.

Зависимость между магнитными и истинными направлениями выражается формулами, которые можно легко получить на рис. 12.

$$\left. \begin{aligned} ИК &= МК + d \\ ИП &= МП + d \\ ОИП &= ОМП + d \end{aligned} \right\}; \quad (9) \quad \left. \begin{aligned} МК &= ИК - d \\ МП &= ИП - d \\ ОМП &= ОИП - d \end{aligned} \right\}. \quad (10)$$

Формулы (9) и (10) алгебраические. Подставляемое в них склонение d берется со знаком (+) O^{st} или (-) W .

§ 12. ДЕВИАЦИЯ МАГНИТНОГО КОМПАСА. КОМПАСНЫЕ КУРСЫ И ПЕЛЕНГИ

Находящиеся в магнитном поле Земли детали набора и другие металлические части судна постепенно намагничиваются и приобретают свойства магнита. В результате этого в окружающем судно пространстве возникает собственное магнитное поле, действие которого складывается с магнитным полем Земли. Магнитная стрелка судового компаса устанавливается по равнодействующей сил обоих полей, вследствие чего отклоняется от направления магнитного меридиана.

Вертикальная плоскость, проходящая через ось свободно подвешенной магнитной стрелки компаса, установленного на судне, называется плоскостью компасного меридиана, а след от пересечения этой плоскости с плоскостью истинного горизонта — компасным меридианом N_K-S_K . Направление компасного меридиана совпадает с диаметром катушки $0-180^\circ$.

Горизонтальный угол, на который плоскость компасного меридиана отклоняется от плоскости магнитного меридиана, называется девиацией магнитного компаса δ (рис. 13). Девиация отсчитывается от северной части магнитного меридиана (N_M) к O^{st} или W от 0 до 180° . Если северная часть компасного меридиана (N_K) отклонена от N_M к востоку, то девиация имеет наименование O^{st} (остовая) и ей приписывается знак (+), если N_K — к западу, то — W (вестовая) со знаком (-).

На каждом курсе девиация у судовых компасов будет различной. Это объясняется тем, что при изменении курса меняется положение судового железа относительно магнитных стрелок компаса. Кроме того, после поворота судна судовое железо частично перемагничивается, что также приводит к изменению магнитного поля судна.

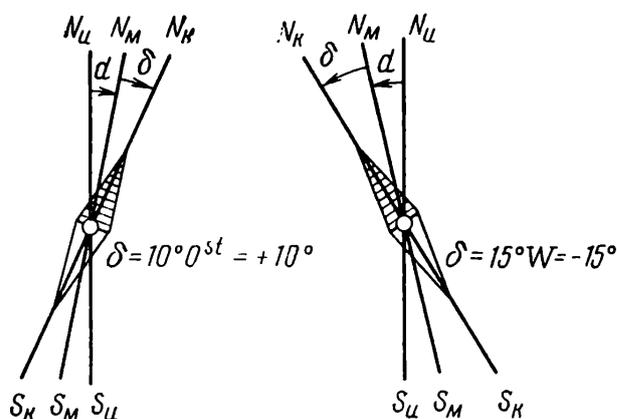


Рис. 13. Девиация компаса: восточная — O^{st} и западная — W

Девияция судовых компасов изменяется на одном и том же курсе при изменении широты места, что связано с изменением напряженности магнитного поля Земли и, следовательно, изменением намагниченности судового железа, а также при каждой погрузке или выгрузке грузов, обладающих магнитными свойствами, при длительной стоянке судна в ремонте, при проведении электросварочных работ вблизи компасов, при сильном сотрясении корпуса судна.

Девияция судового компаса периодически определяется для различных курсов и заносится в специальную таблицу, откуда ее выбирают при расчетах курсов и пеленгов. Зная величину девияции, можно по замеченным компасным направлениям рассчитать направления относительного магнитного меридиана.

Компасными направлениями являются компасные курсы и пеленги, отсчитываемые от нордовой части компасного меридиана.

На плоскости истинного горизонта компасный курс KK и компасный пеленг $КП$ измеряются плоскими углами, образованными прямыми линиями, по которым плоскость компасного меридиана, диаметральной плоскости судна и вертикальная плоскость, проходящая через ориентир, пересекается с плоскостью истинного горизонта (рис. 14). Следовательно:

компасным курсом называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемым от нордовой части компасного меридиана по часовой стрелке до носовой части ДП судна;

компасным пеленгом называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от нордовой части компасного меридиана по часовой стрелке до направления на ориентир.

Угол, отличающийся от $КП$ на 180° , называется обратным компасным пеленгом $ОКП$

$$ОКП = КП \pm 180^\circ, \text{ или } КП = ОКП \pm 180^\circ.$$

Применяемые на судах пеленгаторы магнитных компасов позволяют при пеленговании получать не $КП$, а $ОКП$ ориентиров. Компасные курсы и пеленги могут быть в пределах от 0 до 360° .

Зависимость между компасными и магнитными направлениями видна из рис. 14:

$$\left. \begin{aligned} МК &= КК + \delta \\ МП &= КП + \delta \\ ОМП &= ОКП + \delta \end{aligned} \right\} (11) \quad \left. \begin{aligned} КК &= МК - \delta \\ КП &= МП - \delta \\ ОКП &= ОМП - \delta \end{aligned} \right\} (12)$$

Формулы (11) и (12) алгебраические. Подставляемая в них девияция δ берется со знаком (+) O^{st} или (-) W . Пользуясь этими формулами, можно рассчитать δ со своим знаком:

$$\left. \begin{aligned} \delta &= МК - КК \\ \delta &= МП - КП \\ \delta &= ОМП - ОКП \end{aligned} \right\} (13)$$

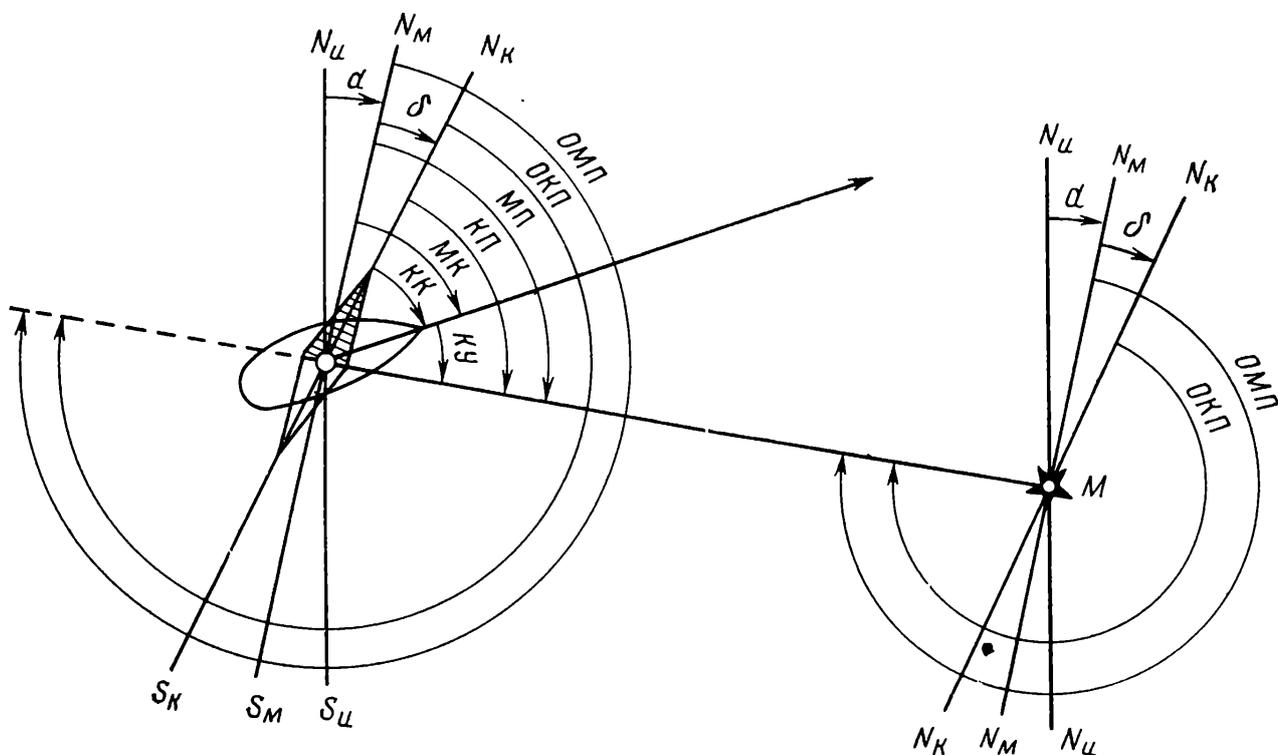


Рис. 14. Зависимость между магнитными и компасными направлениями

Между $КК$, $КП$ и $КУ$ ориентира при круговом счете сохраняется зависимость

$$\left. \begin{aligned} КП &= КК + КУ \\ КК &= КП - КУ \\ КУ &= КП - КК \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Если $КУ$ задан по полукруговому счету, то $КП$ и $КК$ вычисляются по формулам:

$$КП = КК \pm КУ \frac{np/b}{l/b} \text{ и } КК = КП \pm КУ \frac{l/b}{np/b}.$$

Компасный пеленг в момент траверза ориентира определяется по формулам:

$$КП_{\perp} = КК \pm 90 \frac{np/b}{l/b}; \quad ОКП_{\perp} = КК \pm 90 \frac{l/b}{np/b}.$$

§ 13. ПОНЯТИЕ ОБ УНИЧТОЖЕНИИ ДЕВИАЦИИ.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ДЕВИАЦИИ
МАГНИТНОГО КОМПАСА.
ТАБЛИЦА ДЕВИАЦИИ

На современных стальных судах магнитное поле оказывается столь большим, что девиация у компасов может достигать десятков градусов, и при больших значениях девиации угол поворота судна, наблюдаемый по компасу, будет значительно отличаться от действительного изменения курса. Магнитное поле судна также может настолько ослабить напряженность магнитного поля Земли, что ее горизонтальная составляющая H становится неспособной прео-

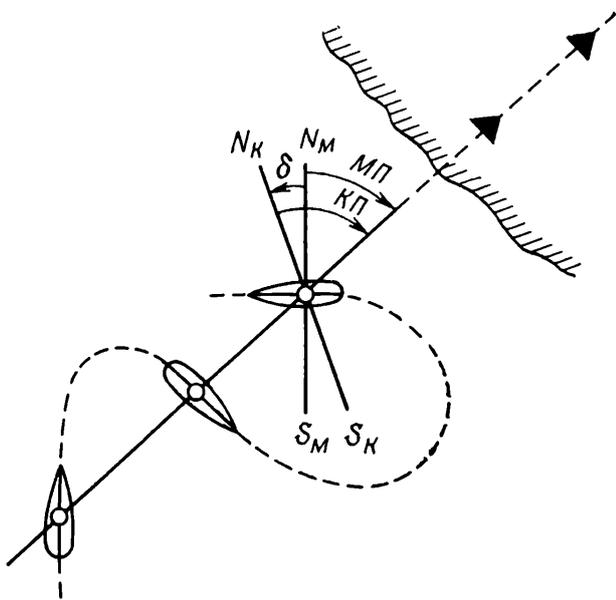


Рис. 15. Определение девиации по створу

долететь трение между шпилькой и топкой картушки. Это обстоятельство ведет к застою картушки при поворотах судна.

Чтобы обеспечить надежную работу компасов, производят уничтожение их девиации. Принцип уничтожения девиации заключается в компенсации магнитного поля судна вблизи компаса. Для этого в каждом магнитном компасе устанавливают искусственные магниты-уничтожители и бруски мягкого железа так, чтобы действие их магнетизма на стрелку компаса было равным по величине и обратным по направлению действию на стрелку магнетизма

судового железа. Работа по уничтожению девиации производится специалистами—девиаторами — на оборудованных створами девиационных полигонах. Створ представляет собой систему из двух или более светящих или несветящих знаков. Прямая, соединяющая знаки, называется створной линией. Истинное направление створной линии указывается на карте и в навигационных пособиях. Магнитное направление створа может быть получено из соотношения

$$МП = ИП - d.$$

Перед проведением работ судно приводят в состояние по-походному. При нормальных условиях плавания девиацию уничтожают не реже одного раза в шесть месяцев, а также после ремонта, длительных отстоев и размагничивания судна. Если на судне имеется размагничивающее устройство, то проводятся дополнительные работы по уничтожению электромагнитной девиации.

Уничтожить девиацию полностью невозможно. Поэтому после проведения работ по уничтожению девиации определяют остаточную девиацию и составляют таблицу ее значений. Для этого достаточно определить девиацию на восьми равноотстоящих курсах судна, обычно главных и четвертных. Наблюдения проводятся на створах, магнитное направление которых известно (рис. 15). В момент пересечения створа на каждом из восьми курсов берут по главному компасу КП створных знаков и рассчитывают девиацию, пользуясь соотношением (13)

$$\delta = МП - КП \text{ или } \delta = ОМП - ОКП.$$

Для путевого компаса, установленного в рулевой рубке, девиацию определяют путем сличения его показаний с главным.

После обработки наблюдений для каждого компаса рассчитывается своя таблица остаточной девиации на 36 или 24 равноотстоящих курсах через 10 или 15° (табл. 1).

δ	КК		δ	δ	КК		δ
$-0^{\circ},2$	360	0	$-0^{\circ},2$	$+2^{\circ},7$	255	105	$-1^{\circ},2$
$+0^{\circ},1$	345	15	$-0^{\circ},5$	$+2^{\circ},9$	240	120	$-0^{\circ},9$
$+0^{\circ},5$	330	30	$-0^{\circ},8$	$+2^{\circ},9$	225	135	$-0^{\circ},4$
$+0^{\circ},9$	315	45	$-1^{\circ},0$	$+2^{\circ},7$	210	150	$+0^{\circ},3$
$+1^{\circ},4$	300	60	$-1^{\circ},2$	$+2^{\circ},3$	195	165	$+1^{\circ},0$
$+1^{\circ},8$	285	75	$-1^{\circ},3$	$+1^{\circ},7$	180	180	$+1^{\circ},7$
$+2^{\circ},3$	270	90	$-1^{\circ},3$				

Аргументом для входа в таблицу девиации служит *КК* судна. Остаточная девиация главного компаса не должна превышать $\pm 3^{\circ}$, путевого — $\pm 5-6^{\circ}$. Так как при таких значениях девиации разница между *КК* и *МК* невелика, то при выборе δ из таблиц аргументом может служить также *МК*. Для промежуточных курсов δ находят путем интерполирования с точностью до $0^{\circ},1$.

При наличии на судне размагничивающего устройства (РУ) определение δ производят дважды — с включением и выключением РУ.

Судоводитель должен как можно чаще проверять правильность учитываемой девиации, стараясь это делать на каждом новом курсе. В отличие от полного определения остаточной девиации, производимого после ее уничтожения, такое определение δ во время плавания судна называется частичным. Для определения девиации компасов в период плавания можно использовать не только девиационные створы, но и навигационные. Более высокую точность имеют створы с большим разносом створных знаков.

Если на карту не нанесены береговые створы, истинное или магнитное направление которых известно, то δ можно определить по выбранному на местности створу двух каких-либо естественных ориентиров, видимых с судна. Наблюдения организуются на восьми равноотстоящих компасных курсах. На каждом новом курсе, которым пересекается створ, берут *КП* ориентиров. Магнитный пеленг створа рассчитывается затем по формуле

$$МП = \frac{\sum КП}{8}.$$

Сравнивая каждый *КП* с рассчитанным *МП*, получают девиацию из соотношения $\delta = МП - КП$.

При стоянке на якоре или бочке можно определить девиацию

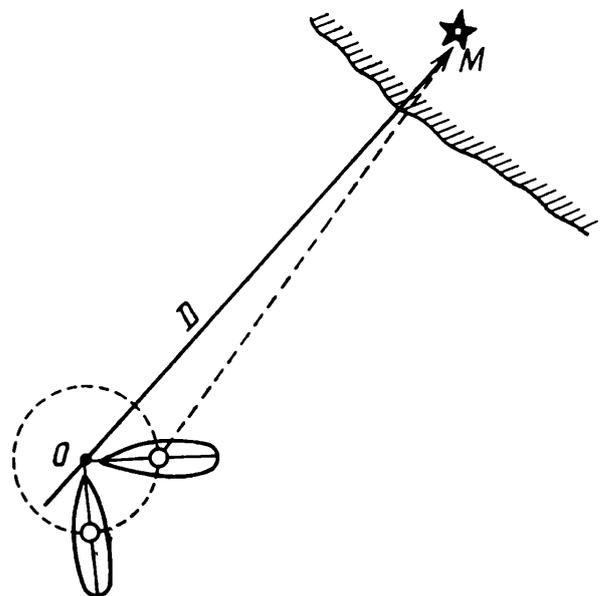


Рис. 16. Определение девиации по отдаленному предмету

по пеленгу отдаленного ориентира (рис. 16). Положение судна и ориентира должно быть известно и нанесено на карту. Судно разворачивают буксиром на равноотстоящие курсы, на каждом из которых берут $KП$ предмета. Снятый с карты $ИП$ предмета переводят в магнитный с помощью склонения $МП = ИП - d$.

Сравнивая $KП$ на каждом курсе с $МП$, получим девиацию $\delta = MP - KP$.

Чтобы исключить влияние отклонения компаса от линии магнитного пеленга при развороте судна, расстояние D до отдаленного предмета должно быть не менее 3—5 миль.

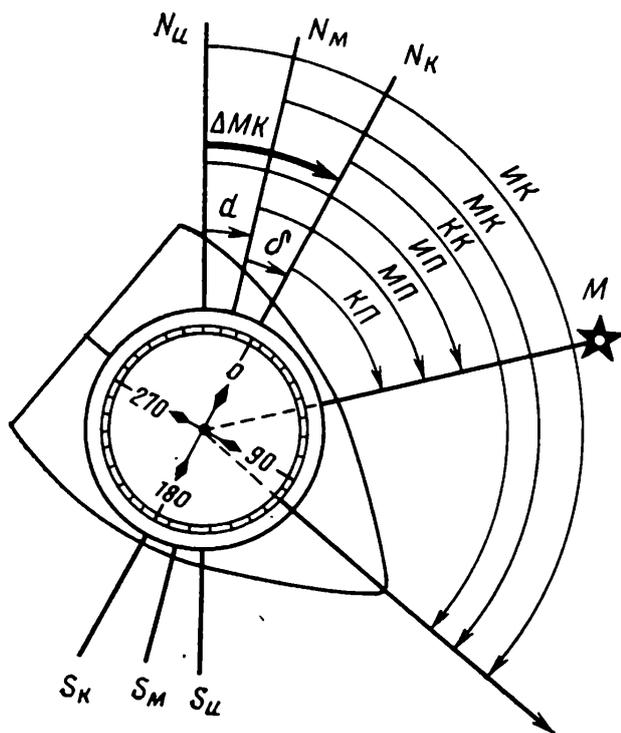
§ 14. ПОПРАВКА МАГНИТНОГО КОМПАСА

При решении некоторых навигационных задач необходимо определять истинные направления движения судна и истинные направления на ориентиры по замеченным компасным направлениям. Из рис. 17, а также из соотношений (9) и (11) можно получить зависимость между истинными и компасными направлениями. Она выражается формулами:

$$\left. \begin{aligned} ИК &= КК + \delta + d \\ ИП &= КП + \delta + d \\ ОИП &= ОКП + \delta + d \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Девиацию и склонение берут со своими знаками.

Алгебраическая сумма девиации и магнитного склонения, на величину которой компасные направления отличаются от истинных, называется поправкой магнитного компаса $\Delta МК$.



$$\Delta МК = \delta + d. \quad (16)$$

Поправка магнитного компаса представляет собой горизонтальный угол, на который плоскость компасного меридиана отклоняется от плоскости истинного меридиана (см. рис. 17). Она отсчитывается от северной части истинного меридиана к O^{st} (остовая) со знаком (+) или W (вестовая) со знаком (-).

При вычислении $\Delta МК$ выбирают с карты в районе плавания судна магнитное склонение, приводят его к году плавания и алгебраически складывают с девиацией, выбранной на $КК$ из таблицы остаточной девиации.

Рис. 17. Зависимость между истинными и компасными направлениями

Пример 11. $KK = 273^\circ$; $\delta = 2^\circ,20^{\text{st}}$; $d = 8^\circ,3W$. Определить ΔMK .

Решение.

$$\begin{array}{r} + \delta = + 2^\circ,2 \\ + d = - 8^\circ,3 \\ \hline \Delta MK = - 6^\circ,1 = 6^\circ,1W. \end{array}$$

Соотношения (15) могут быть теперь записаны следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} ИК = КК + \Delta МК \\ ИП = КП + \Delta МК \\ ОИП = ОКП + \Delta МК \end{array} \right\} \quad (17)$$

§ 15. ГИРОКОМПАСНЫЕ КУРСЫ И ПЕЛЕНГИ. ПОПРАВКА ГИРОКОПИЧЕСКОГО КОМПАСА

На морских судах, в том числе и маломерных, наряду с магнитными используют гироскопические компасы. Главная ось гироскопа под действием направляющей силы должна устанавливаться в плоскости истинного меридиана. Однако в результате действия различных причин полное совпадение оси с плоскостью меридиана не достигается. Вследствие этого и диаметры $0-180^\circ$ картушек репитеров, повторяющих показания основного прибора, также отклоняются от истинного меридиана.

Вертикальная плоскость, проходящая через диаметр $0-180^\circ$ картушки репитера называется плоскостью гироскопического меридиана, а след от пересечения этой плоскости с плоскостью истинного горизонта — гироскопическим меридианом N_r-S_r (рис. 18).

Курсы и пеленги, определяемые относительно гироскопического меридиана, называются гироскопическими (см. рис. 18):

гироскопическим курсом ($ГКК$) называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от нордовой части гироскопического меридиана по часовой стрелке до носовой части диаметральной плоскости судна;

гироскопическим пеленгом ($ГКП$) называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от нордовой части гироскопического меридиана по часовой стрелке до направления на ориентир.

Гироскопические курсы и пеленги могут быть в пределах от 0 до 360° .

Горизонтальный угол, на который плоскость гироскопического меридиана отклоняется от плоскости истинного меридиана, называется поправкой гироскопического компаса ΔGK (см. рис. 18).

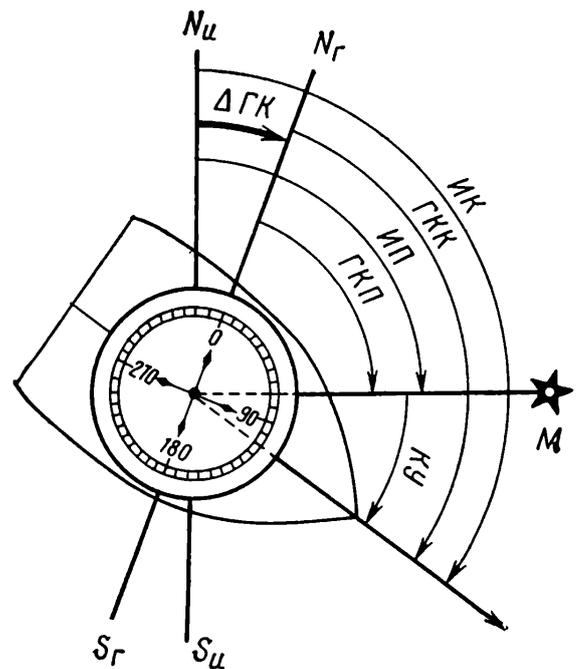


Рис. 18. Зависимость между истинными и гироскопическими направлениями

Она отсчитывается от нордовой части истинного меридиана к O^{st} (остовая) со знаком (+) или W (вестовая) со знаком (—).

Из рис. 18 можно получить зависимость между истинными и гирокомпасными направлениями

$$\left. \begin{aligned} ИК &= ГKK + \Delta GK \\ ИП &= ГKP + \Delta GK \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

В отличие от поправки магнитного компаса ΔGK не зависит от магнитных полей Земли и судна и, следовательно, не меняется с изменением курса. (Устройство и эксплуатация гироскопических компасов изучается в специальном курсе электронavigационных приборов.)

§ 16. КОНТРОЛЬ ЗА РАБОТОЙ КОМПАСОВ В МОРЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВК КОМПАСОВ

Неверные показания компасов или неправильный учет их поправок являются основными причинами навигационных ошибок, допускаемых судоводителями. Особого контроля требуют гироскопические компасы, так как по разным причинам они могут выходить из меридиана. Если на судне есть гирокомпас и магнитный компас, то первый используется как основной прибор, а второй — как резервный и контрольный. Компасные курсы, по которым перемещается судно, рассчитываются как по гироскопическому, так и по магнитному компасам.

Переход от заданного курса по гирокомпасу к курсу по магнитному компасу или обратно делают через $ИК$:

$$\left. \begin{aligned} KK &= ИК - \Delta МК = (ГKK + \Delta GK) - \Delta МК, \\ ГKK &= ИК - \Delta GK = (KK + \Delta МК) - \Delta GK. \end{aligned} \right\}$$

Для проверки исправности гирокомпаса показания обоих компасов нужно сличать при приеме вахты, в начале каждого часа во время вахты и после изменения курса. Результаты сличения заносят в судовой журнал.

В рейсе поправки магнитного и гироскопического компасов должны систематически определяться и уточняться.

Для определения $\Delta МК$ и ΔGK производят сравнение истинного пеленга какого-либо ориентира с его компасным или гирокомпасным пеленгом:

$$\left. \begin{aligned} \Delta МК &= ИП - KP \\ \Delta GK &= ИП - ГKP \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Соотношения (19) получают из формул (17) и (18).

Способы определения поправок компасов аналогичны способам определения девиации (см. § 13).

По створу. Истинный пеленг створа снимают с карты. Компасный пеленг берется в момент пересечения створной линии. Визир-

ную линию пеленгатора следует наводить и удерживать на заднем створном знаке за 1—2 мин до прихода на линию створа.

Пример 12. При пересечении створа, истинное направление которого $ИП = 138^{\circ},5$, определили по магнитному компасу $КП = 132^{\circ},1$ и по гирокомпасу $ГКП = 139^{\circ},7$. Определить $\Delta МК$ и $\Delta ГК$.

Решение 1. Определяем поправку магнитного компаса

$$\begin{array}{r} ИП = 138^{\circ},5 \\ - КП = 132^{\circ},1 \\ \hline \Delta МК = +6^{\circ},4 = 6^{\circ},40^{St} \end{array}$$

2. Определяем поправку гирокомпаса

$$\begin{array}{r} ИП = 138^{\circ},5 \\ ГКП = 139^{\circ},7 \\ \hline \Delta ГК = -1^{\circ},2 = 1^{\circ},2W \end{array}$$

По пеленгу отдаленного ориентира. Способ применяется при стоянке судна на якоре, когда место ориентира и стоянки известно.

По сличению с другим компасом, поправка которого известна. Способ применяется обычно для определения поправки главного или путевого магнитного компаса путем сличения показаний с гирокомпасом, поправка которого известна. По команде два наблюдателя одновременно замечают курс по обоим компасам. Поправка магнитного компаса вычисляется по формуле

$$\Delta МК = (ГКК + \Delta ГК) - КК.$$

Кроме перечисленных способов, поправка компаса может быть получена при определении места судна по трем пеленгам или двум горизонтальным углам, а также по наблюдениям небесных светил.

При определении девиации или поправки магнитного компаса необходимо, чтобы судно находилось на курсе не менее 3—5 мин, что нужно для прихода картушки компаса в компасный меридиан. Определение поправки гирокомпаса рекомендуется проводить не ранее 2—3 ч после поворота на последний курс, когда чувствительный элемент окончательно установится в меридиане.

§ 17. ИСПРАВЛЕНИЕ И ПЕРЕВОД КУРСОВ И ПЕЛЕНГОВ

При ведении графического счисления на морской навигационной карте курсы судна и пеленги ориентиров отсчитываются от истинных меридианов. В то же время удержание судна на заданном курсе, а также пеленгование ориентиров при определении места судна производят по компасу, т. е. относительно компасного меридиана. Следовательно, нужно уметь переходить от компасных направлений к истинным и наоборот.

Задачи, связанные с переходом от компасных курсов и пеленгов к истинным называются исправлением направлений, а задачи на переход от снятых с карты истинных курсов и пеленгов к компасным — переводом направлений.

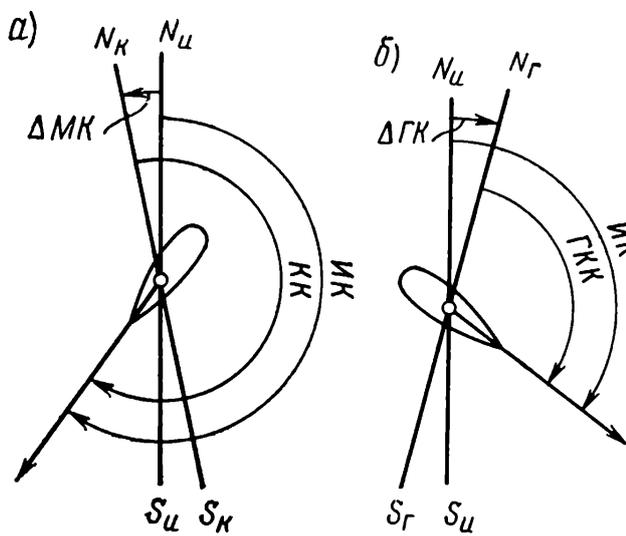


Рис. 19. Исправление курса

При исправлении курсов и пеленгов пользуются формулами (17) и (18).

При переводе курсов и пеленгов эти формулы преобразуют, и они получают следующий вид

$$КК = ИК - \Delta МК = ИК - d - \delta;$$

$$ГКК = ИК - \Delta ГК;$$

$$КП = ИП - \Delta МК;$$

$$ГКП = ИП - \Delta ГК;$$

$$ОКП = ОИП - \Delta МК.$$

Все вычисления производят по установленным схемам (см. примеры). Правильность полученного результата рекомендуется контролировать вспомогательным чертежом. Рассмотрим порядок работы при решении отдельных задач.

Исправление курсов выполняют в том случае, когда от замеченного по магнитному или гироскопическому компасу курса необходимо перейти к истинному курсу. Линию *ИК* прокладывают на карте.

При вычислении *ИК* используют соотношения:

$$\Delta МК = d + \delta; \quad ИК = КК + \Delta МК \quad \text{или} \quad ИК = ГКК + \Delta ГК.$$

Пример 13. $КК = 227^\circ,5$; склонение, приведенное к году плавания, $d = 6^\circ,4W$, девиация $\delta = 2^\circ,90^{St}$ (из табл. 1). Определить *ИК*.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad + \quad КК = 227^\circ,5 \\ + \quad \Delta МК = -3^\circ,5 \\ \hline ИК = 224^\circ,0 \end{array} \qquad \begin{array}{r} + \quad \delta = +2^\circ,9 \\ + \quad d = -6^\circ,4 \\ \hline \Delta МК = -3^\circ,5 \end{array}$$

Для контроля правильности решения сделаем чертеж (рис. 19, а). Проводим истинный меридиан $N_u - S_u$. Зная $\Delta МК$, наносим к *W* от N_u компасный меридиан $N_k - S_k$. Под углом $227^\circ,5$ к компасному меридиану проводим диаметрально противоположную плоскость судна, показываем *КК* и *ИК*. Как и при алгебраическом решении, *ИК* меньше *КК*. Следовательно, вычисления сделаны правильно.

Пример 14. $ГКК = 112^\circ$; $\Delta ГК = 1^\circ,20^{St}$. Определить *ИК*.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad ГКК = 112^\circ,0 \\ + \quad \Delta ГК = +1^\circ,2 \\ \hline ИК = 113^\circ,2 \end{array}$$

Графический контроль (рис. 19, б) аналогичен предыдущему примеру. Полученный *ИК* больше *ГКК*, что соответствует решению по формуле.

Исправление пеленгов выполняют при определении обсервованного места судна навигационными способами. Получив по компасу обратные компасные или компасные пеленги выбранных ориентиров, судоводитель для выполнения прокладки на карте исправляет их соответственно в обратные истинные или истинные пеленги.

При вычислении пользуются соотношениями:

$$ИП = КП + \Delta МК;$$

$$ОИП = ОКП + \Delta МК$$

$$\text{или } ИП = ГКП + \Delta ГК.$$

Пример 15. $КК = 250^\circ$; $\Delta МК = 4^\circ W$. При пеленговании получен $ОКП = 148^\circ$. Определить $ОИП$ ориентира.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad + ОКП = 148^\circ \\ \quad \quad \quad + \Delta МК = -4 \\ \hline \quad \quad \quad ОИП = 144^\circ \end{array}$$

При графическом решении (рис. 20, а) первым наносим истинный меридиан $N_{и}—S_{и}$. По величине и наименованию $\Delta МК$ находим положение компасного меридиана $N_{к}—S_{к}$, отложив от него по часовой стрелке угол 148° , получаем направление с ориентира на судно. Величина полученного $ОИП$, как и при алгебраическом решении, меньше $ОКП$. Вычисления правильные.

Пример 16. $ГКК = 310^\circ$; $\Delta ГК = 1^\circ O^{st}$; $ГКП = 178^\circ,5$. Определить $ИП$ ориентира.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad + ГКП = 178^\circ,5 \\ \quad \quad \quad + \Delta ГК = +1 \\ \hline \quad \quad \quad ИП = 179^\circ,5 \end{array}$$

Графическое решение приведено на рис. 20, б.

Перевод курсов. Судоводитель прокладывает на карте линию выбранного истинного курса судна, по которой оно должно перемещаться. Снятый с карты $ИК$ переводят в курс по магнитному или гирокомпасному компасу и назначают рулевому. Так как значение δ из таблицы остаточной девиации может быть выбрано только на $КК$ или $МК$, то для магнитного компаса перевод $ИК$ в $КК$ осуществляют не поправкой компаса, а путем последовательного перехода от $ИК$ к $МК$, а затем уже к $КК$:

$$МК = ИК - d; \quad КК = МК - \delta.$$

Девиация выбирается на рассчитанный в процессе вычислений $МК$. Перевод курса для гирокомпаса выполняют при помощи его поправки по формуле

$$ГКК = ИК - \Delta ГК.$$

Пример 17. $ИК = 287^\circ$; $d = 12^\circ,7W$; $\delta = 1^\circ,4$ на $МК = 299^\circ,7$ (из табл. 1). Определить $КК$.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad - ИК = 287^\circ \\ \quad \quad \quad - d = - 12,7 \\ \hline \quad \quad \quad МК = 299^\circ,7 \\ \quad \quad \quad - \delta = + 1,4 \\ \hline \quad \quad \quad КК = 298^\circ,3 \end{array} \quad \begin{array}{r} + \delta = + 1^\circ,4 \\ + d = - 12,7 \\ \hline \Delta МК = - 11^\circ,3 \end{array}$$

Для графического контроля правильности полученного $КК$ проводим истинный меридиан $N_{и}—S_{и}$ (рис. 21, а) и под углом 287° к нему проводим диаметрально плоскость судна. В соответствии с наименованием и величиной d проводим магнит-

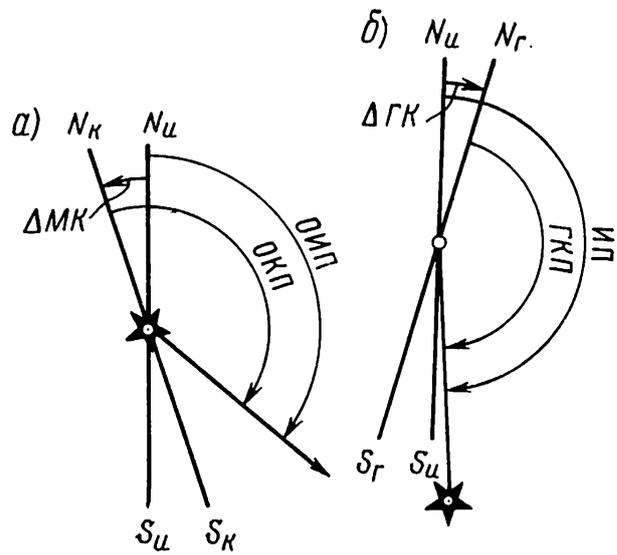


Рис. 20. Исправление пеленга

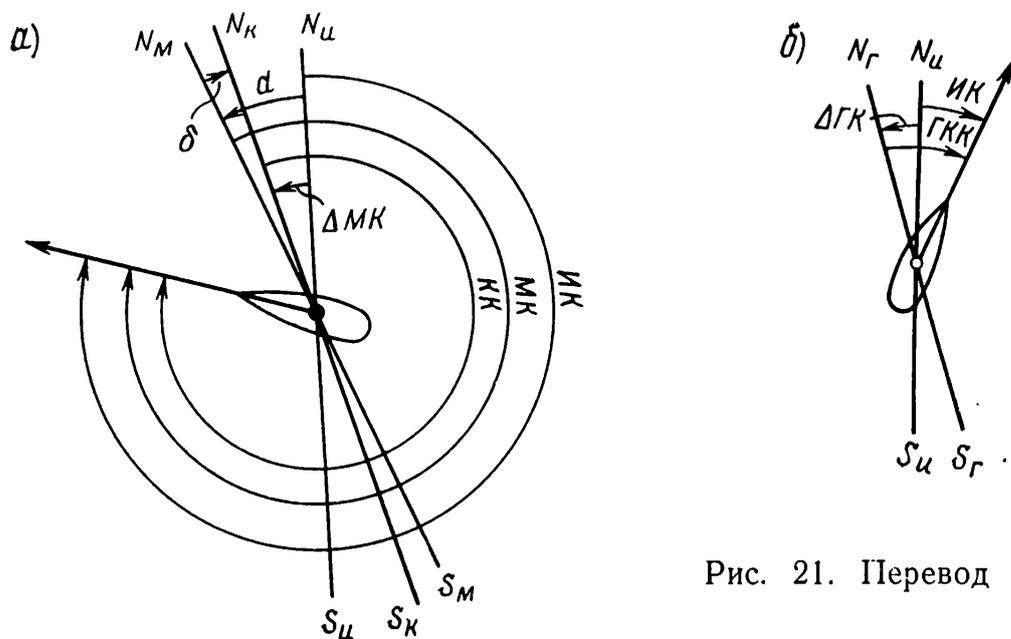


Рис. 21. Перевод курса

ный меридиан N_M-S_M и убеждаемся, что MK больше $ИК$. По значению δ находим положение компасного меридиана N_K-S_K и показываем $КК$, который, как и при алгебраическом решении, меньше MK . Вычисления правильные.

Пример 18. $ИК = 23^\circ,5$; $\Delta GK = 1^\circ,6W$. Определить $ГКК$.

Решение.

$$\begin{array}{r} ИК = 23^\circ,5 \\ - \Delta GK = -1,6 \\ \hline ГКК = 25^\circ,1 \end{array}$$

Графическое решение приведено на рис. 21, б.

Перевод пеленгов выполняют в том случае, когда от снятого с карты направления на какой-либо ориентир необходимо перейти к направлению на тот же ориентир по компасу. При вычислениях пользуются соотношениями:

$$КП = ИП - \Delta МК; \quad ОКП = ОИП - \Delta МК \quad \text{или} \quad ГКП = ИП - \Delta GK.$$

Поправка магнитного компаса $\Delta МК$ берется на тот курс, которым следует судно при наблюдении ориентира.

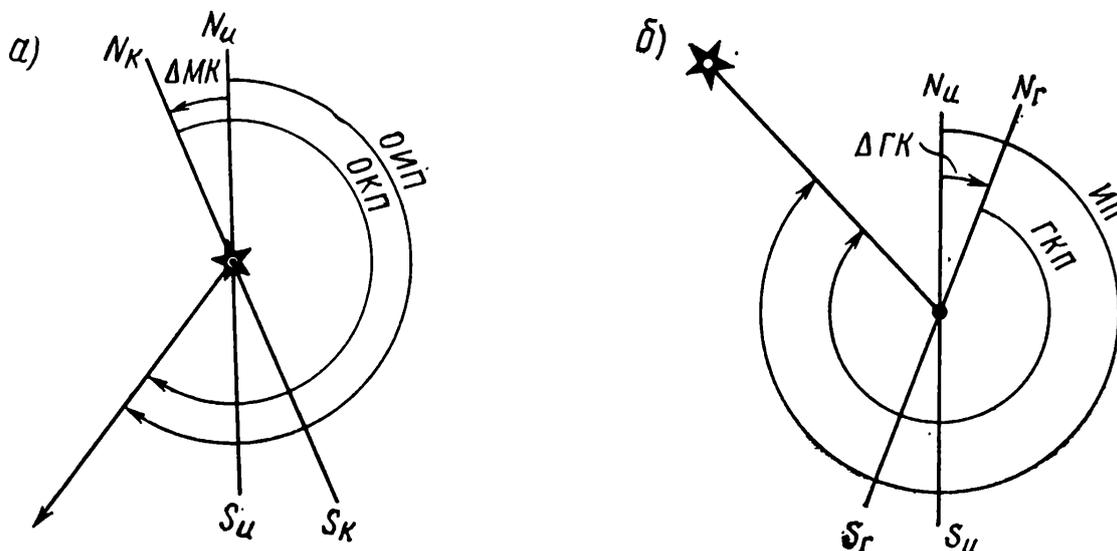


Рис. 22. Перевод пеленга

Пример 19. Судно следует $КК = 210^\circ$; $\Delta МК = 8^\circ W$. С карты снято направление с ориентира на точку поворота $ОИП = 218^\circ$. Определить $ОКП$ ориентира в момент поворота.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad \text{ОИП} = 218^\circ \\ \quad \quad \quad \text{— } \Delta МК = -8 \\ \hline \quad \quad \quad \text{ОКП} = 226^\circ \end{array}$$

Для графического контроля (рис. 22, а) проведем через ориентир истинный меридиан $N_{и}—S_{и}$. Под углом 218° к нему проведем направление на судно. В соответствии со знаком и величиной $\Delta МК$ нанесем компасный меридиан $N_{к}—S_{к}$ к W от истинного. Как при алгебраическом, так и при графическом решении, $ОКП$ больше $ОИП$.

Пример 20. $ГКК = 140^\circ$; $\Delta ГК = 1^\circ,50^{st}$; $ИП = 317^\circ$. Определить $ГКП$ ориентира.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad \quad \quad \text{ИП} = 317^\circ \\ \quad \quad \quad \text{— } \Delta ГК = +1,5 \\ \hline \quad \quad \quad \text{ГКП} = 315^\circ,5 \end{array}$$

Графическое решение приведено на рис. 22, б.

Глава III

МОРЕХОДНЫЕ ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

§ 18. МАГНИТНЫЕ КОМПАСЫ

Компасы предназначаются для указания курса, которым идет судно, а также для определения пеленгов и курсовых углов на береговые ориентиры и небесные светила.

На современных морских судах основными курсоуказателями, как правило, служат гирокомпасы. Однако на каждом судне, кроме гирокомпаса, устанавливают и магнитные компасы, используя их в качестве резервных и контрольных приборов. На небольших судах, не имеющих гирокомпасов, магнитные компасы и в настоящее время используются как основные.

По назначению магнитные компасы делятся на главные, путевые, катерные и шлюпочные.

Главный компас устанавливается на верхнем мостике в диаметральной плоскости судна так, чтобы обеспечить хороший обзор по всему горизонту. По главному компасу ложатся на заданный курс и определяют место судна по пеленгам береговых ориентиров.

Путевой компас устанавливается в рулевой рубке. По нему задается курс рулевому.

Катерные и шлюпочные компасы устанавливают на катерах, спасательных шлюпках, а также на малых промысловых судах.

На морских судах в качестве главных и путевых применяются 127-мм, а на катерах и шлюпках — 75-мм магнитные компасы. Название прибора определяется диаметром его картушки.

§ 19. УСТРОЙСТВО МАГНИТНОГО 127-мм КОМПАСА

Промышленность выпускает несколько модификаций 127-мм магнитного компаса: УКП-М1М (ударостойкий на высоком нактоузе с защитным колпаком), УКП-М3М (ударостойкий на низком нактоузе с защитным колпаком) и УКП-М10 (ударостойкий на настольной плите с глухим колпаком).

В комплект компаса (рис. 23) входят котелок с картушкой 2, пеленгатор 1, нактоуз 3 и девиационный прибор 4. Для предохранения котелка от дождя и снега компас снабжается защитным колпаком.

К а р т у ш к а (рис. 24) является основной частью компаса. Ее магнитная система состоит из шести магнитных стрелок 1, заключенных в латунные пеналы. Стрелки располагаются симметрично относительно диаметра картушки $0-180^\circ$. Пеналы со стрелками припаяны к донной части пустотелого поплавка 2. В центре поплавка имеется сквозное отверстие, в нижней части которого размещается агатовая топка 3. Сверху она закреплена винтом 4. К поплавку крепится латунный ободок, к которому прикреплен диск из слюды с наклеенным на него бумажным диском 5. Диск (рис. 25) разделен на 360° . Деления, соответствующие целым десяткам градусов, обозначены цифрами. Нанесены также главные и четвертные румбы. Картушка топкой опирается на шпильку, укрепленную в котелке. Масса картушки при нахождении в компасной жидкости составляет $4 \pm 0,5$ г.

К о т е л о к (рис. 26) состоит из латунного корпуса, разделенного на две камеры — основную А и дополнительную Б. В нижней части основной камеры имеется круглое отверстие 3, через которое камеры сообщаются. На трех радиусах в центре этой камеры укреплен колонка 2, в которую снизу ввинчивается компасная шпилька 1, имеющая заточенный на конус наконечник из твердого металла. У внутренних стенок основной камеры укреплены носовая и кормовая курсовые нити 7 из латунной проволоки. Проходящая через курсовые нити вертикальная плоскость является продольной плоскостью котелка. При установке компаса она должна совпадать с диаметральной плоскостью судна или быть ей параллельной. Носовая нить служит индексом при отсчете курса судна.

Объем дополнительной камеры может изменяться за счет прогиба латунной диафрагмы 5, являющейся дном этой камеры. В центральную часть диафрагмы вставлена оправа для стекла и втулка 4, отверстие в которой герметически завинчивается пробкой 13. Отверстие служит для замены шпильки. При помощи четырех винтов к корпусу крепится чашка со свинцовым грузом 12. В ней имеется гнездо для патрона с электрической лампочкой 14, предназначенной для освещения компаса. Свет от лампочки через стекло, закрепленное в диафрагме, попадает к отверстию между

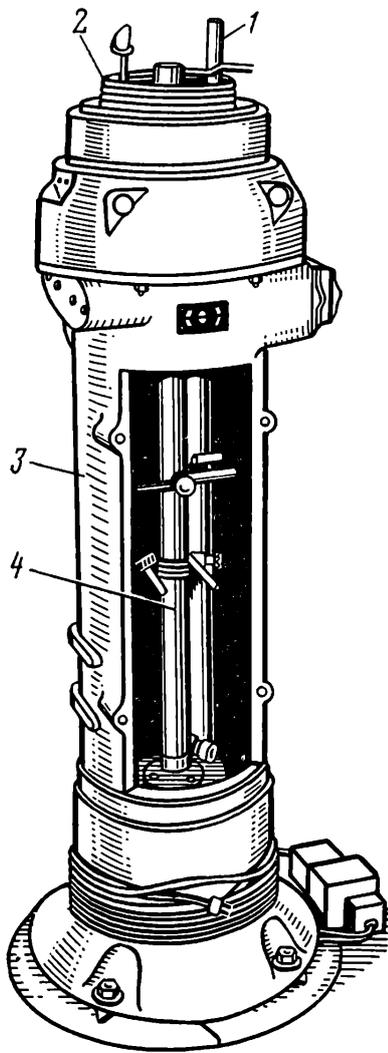


Рис. 23. Морской магнитный 127-мм компас

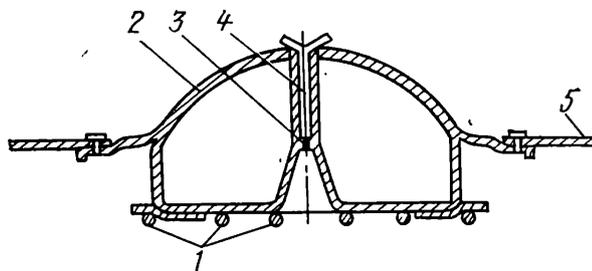


Рис. 24. Картушка 127-мм компаса

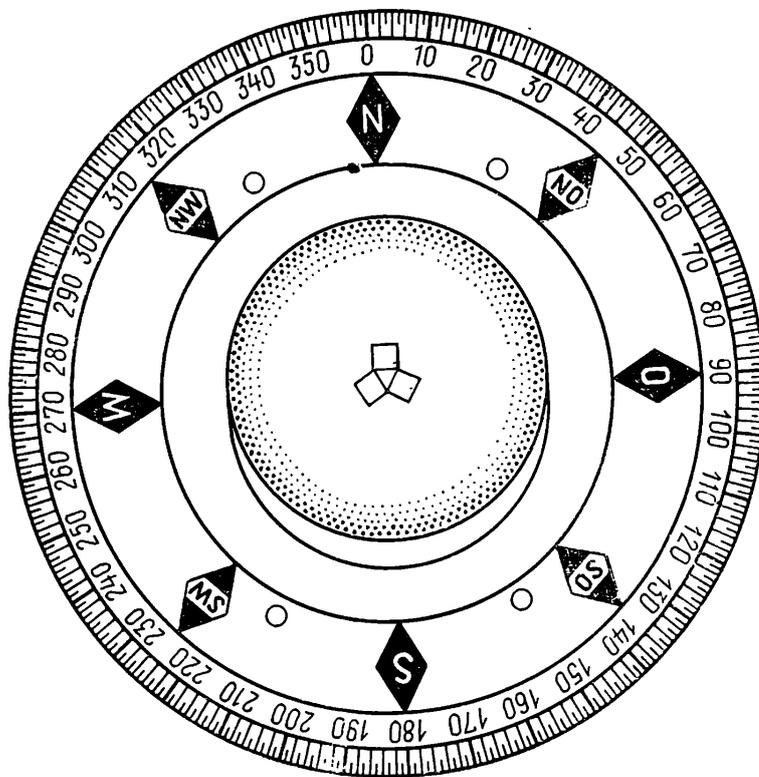


Рис. 25. Диск картушки 127-мм компаса (вид сверху)

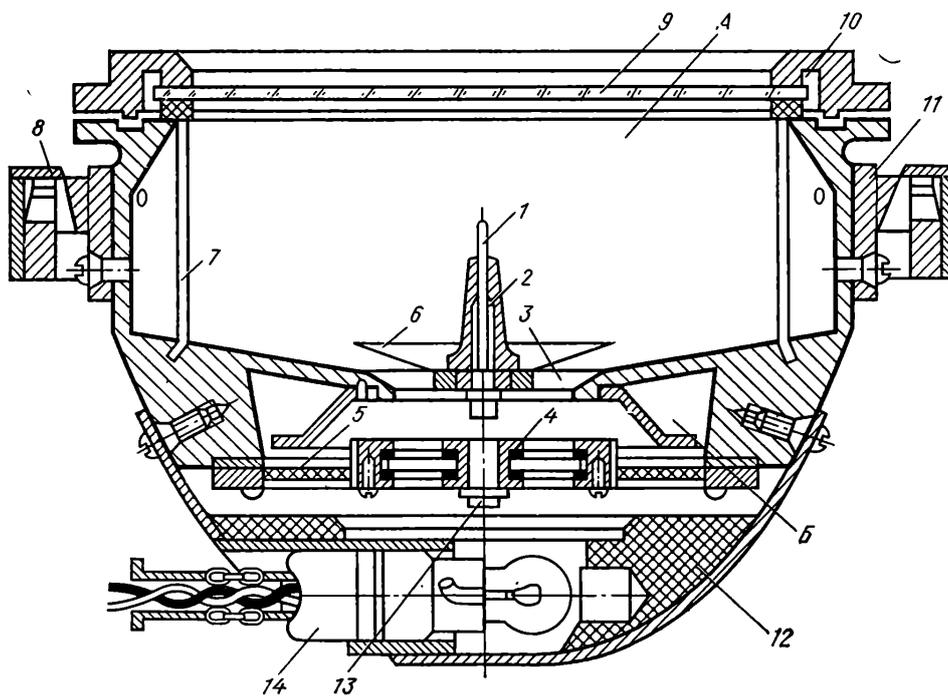


Рис. 26. Котелок 127-мм. компаса

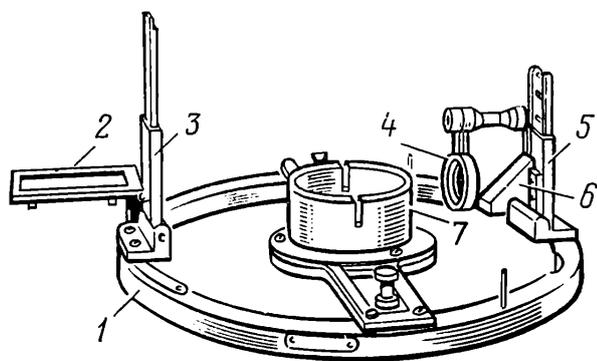


Рис. 27. Пеленгатор обыкновенный

В продольной плоскости котелка укреплены две оси 11, которые вкладываются в специальные гнезда кольца карданова подвеса 8. Он служит для подвешивания котелка компаса в нактоузе. Особая конструкция подвеса позволяет котелку оставаться в горизонтальном положении как при килевой, так и при бортовой качке.

Котелок заполнен компасной жидкостью, замерзающей при температуре -26°C . Жидкость является раствором этилового спирта (43% по объему) в дистиллированной воде. В дополнительной камере котелка имеется завинчиваемое отверстие для доливки компасной жидкости.

Пеленгатор служит для определения по компасу пеленгов и курсовых углов на береговые ориентиры и небесные светила. Обыкновенный пеленгатор (рис. 27) состоит из *основания 1, глазной 5 и предметной 3 мишеней*. При выполнении девиационных работ на пеленгатор устанавливается съемная чашка для *дефлектора 7**.

Основание пеленгатора надевается на азимутальный круг котелка и при пеленговании поворачивается на нем.

Глазная мишень выполнена в виде планки с широкой прорезью. При пеленговании хорошо освещенных ориентиров на прорезь может накладываться шторка со сделанной в ней узкой прорезью. Чтобы при пеленговании видеть отсчет по картушке, на глазную мишень надевается трехгранная *призма 6*. К оправе призмы прикреплена стойка со светофильтрами 4. К основанию пеленгатора глазная мишень крепится на шарнире.

Предметная мишень представляет собою укрепленную на шарнире бронзовую рамку. Посредине рамки натянута посеребренная проволока, называемая *нитью предметной мишени*. На рамку надевается колодка с откидным темным зеркалом 2 для пеленгования небесных светил.

Прорезь глазной мишени и нить предметной мишени располагаются в одной вертикальной плоскости, проходящей через центр пеленгатора. Эта плоскость называется визирной.

* Дефлектор — прибор для измерения магнитных сил, действующих на стрелки компаса.

Для удобства снятия отсчетов курсовых углов индекс пеленгатора нанесен слева на 30° от глазной мишени. На такой же угол сдвинуто влево от продольной плоскости деление 0° на азимутальном кольце котелка.

Помимо обычных пеленгаторов, морские суда снабжаются пеленгаторами Каврайского, имеющими более сложную оптическую систему. Преимущество этого пеленгатора заключается в том, что при рыскании и качке судна не нужно вращать пеленгатор за уходящим из поля зрения ориентиром. Отсчет пеленга получается непосредственным совмещением наблюдаемого ориентира с делением картушки, изображение которой повернуто в вертикальной плоскости.

Нактоуз изготавливается из силумина (сплав кремния с алюминием). Он состоит из корпуса, к которому крепятся верхнее и нижнее основания. В корпусе нактоуза со стороны кормы имеется окно, закрываемое съемной крышкой. На верхнем основании нактоуза закреплены бруски мягкого железа, предназначенные для уничтожения четвертной девиации. К этой части нактоуза крепится также пружинный подвес, в который помещается котелок компаса и блок электропитания донного освещения котелка. Верхнее основание может разворачиваться вокруг вертикальной оси на 12° . В нижнем основании имеется фланец с отверстиями для крепления нактоуза к палубной подушке болтами. Внутри корпуса нактоуза находится *девиационный прибор*, в состав которого входят вертикальная труба с передвижными каретками. В каретках устанавливаются *магниты-уничтожители*. В трубе на тросике подвешен также магнит для уничтожения девиации, возникающей при крене судна.

§ 20. УСТРОЙСТВО МАГНИТНОГО 75-мм КОМПАСА

Магнитный компас для малых судов с картушкой диаметром 75 мм выпускается в двух комплектациях: шлюпочный КТ—М1м и катерный КТ—М2м.

Устройство картушки и котелка у этих компасов одинаково. Картушка имеет две магнитные стрелки, припаянные к поплавку с топкой. Диск картушки разбит на деления через два градуса. Надписи сделаны под штрихами, обозначающими целые десятки градусов, причем нули опущены, например направление 240° обозначено цифрой 24 и т. д. Главные и четвертные румбы отмечены буквами.

Котелок, как и у 127-мм компаса, состоит из двух камер, заполненных компасной жидкостью. В верхней камере, в центре которой укреплен колонка со шпилькой, помещается картушка. Донного освещения котелок не имеет. В центре диафрагмы, закрывающей дно нижней камеры, впаяна втулка с латунной пробкой. Через втулку доливаются компасная жидкость и ввинчивается шпилька. Котелок имеет карданов подвес.

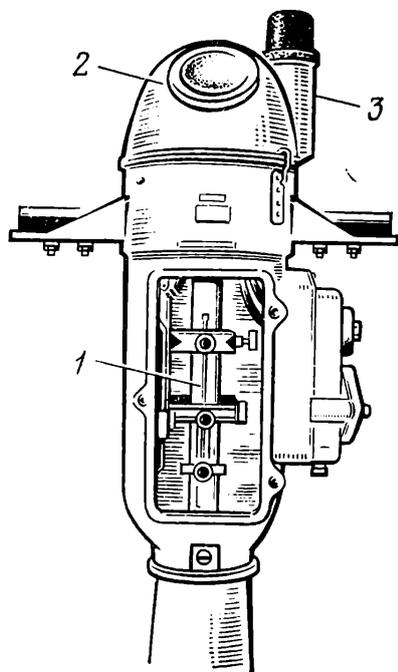


Рис. 28. Катерный магнитный 75-мм компас

Шлюпочный компас не имеет нактоуза. Котелок компаса помещен в цилиндрический футляр с пружинным подвесом. Съемная верхняя часть футляра представляет собой колпак с застекленной передней частью и масляным фонарем для освещения картушки. На футляре укреплен угольник, с помощью которого компас подвешивается в шлюпке. Для переноса компаса на футляре укреплена ручка.

Катерный компас (рис. 28) снабжается силуминовым нактоузом, в который помещен девиационный прибор 1. В комплект девиационного прибора входят вертикальная труба с двумя передвижными каретками для размещения продольных и поперечных магнитов-уничтожителей, креновой магнит и бруски мягкого железа, установленные на боковых кронштейнах. Для освещения картушки на компас устанавливается съемный светильник с пальцеобразной лампочкой. Котелок может закрываться колпаком 2, имеющим застекленное окно и масляный фонарь 3. Для определения места судна компас снабжается пеленгатором упрощенной конструкции.

Для освещения картушки на компас устанавливается съемный светильник с пальцеобразной лампочкой. Котелок может закрываться колпаком 2, имеющим застекленное окно и масляный фонарь 3. Для определения места судна компас снабжается пеленгатором упрощенной конструкции.

На малых судах катерный компас может устанавливаться в ходовой рубке на кронштейне, заменяющем нактоуз.

§ 21. УСТАНОВКА МАГНИТНЫХ КОМПАСОВ НА СУДАХ. ПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПАСОМ И УХОД ЗА НИМ

Для установки главного компаса в намеченном месте наносят на палубу линию диаметральной плоскости и укладывают изготовленную из твердых пород дерева подушку. На нее устанавливают компас так, чтобы окно нактоуза было обращено в корму. С помощью пеленгатора по азимутальному кругу берут курсовые углы на части судна, расположенные симметрично относительно диаметральной плоскости, например левая и правая кромки полубака, шлюпбалки и т. д. Если курсовые углы на такие объекты не равны, поворачивают нактоуз, пока он не займет нужное положение, т. е. продольная плоскость котелка не окажется в диаметральной плоскости судна. Компас закрепляют на подушке болтами.

Путевой компас устанавливают в рулевой рубке таким же способом.

При пользовании компасом надо помнить, что его картушка под действием горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли остается неподвижной относительно горизонта как при следовании судна постоянным курсом, так и при по-

воротах. Другими словами, диаметр картушки $0-180^\circ$ совпадает с направлением компасного меридиана, а наблюдаемое при изменении курса «вращение картушки» — кажущееся явление. На самом деле судно вместе с котелком компаса вращается относительно неподвижной картушки, вследствие чего носовая курсовая черта перемещается от одного градусного деления к другому, пока судно не придет на новый курс.

Для определения курса по компасу нужно стать рядом с ним со стороны кормы, лицом к носу судна, и заметить деление картушки, расположенное против носовой курсовой черты. Курс снимают с точностью до $0,2^\circ$, оценивая дробную часть градуса на глаз.

Для взятия компасного пеленга ориентира поворачивают пеленгатор так, чтобы, глядя в щель глазной мишени, видеть нить предметной мишени, проходящей через середину ориентира. В этот момент замечают деление картушки, видимое через призму против нити предметной мишени. Так как в призме пеленгатора видно деление картушки, находящееся со стороны глазной мишени, а не предмета, то снятый отсчет является обратным компасным пеленгом ориентира.

Для получения курсового угла ориентира устанавливают пеленгатор так же, как и при взятии пеленга. Значение курсового угла снимают с азимутального круга против индекса пеленгатора, расположенного слева от глазной мишени.

Шлюпочный компас устанавливают в шлюпке так, чтобы продольная плоскость котелка располагалась в ее диаметральной плоскости. При нахождении шлюпки в море необходимо заметить нужный курс по носовой курсовой черте картушки компаса. Если берег или стоящее на рейде судно, к которому следует шлюпка, будут скрыты туманом, следует править по компасу, придерживаясь замеченного курса.

При пользовании судовыми магнитными компасами нельзя сдвигать со своих мест установленные в нактоузе магниты-уничтожители или бруски мягкого железа. Рулевые не должны иметь при себе стальных вещей.

При плохой погоде котелок компаса закрывают колпаком, а на стоянке, во время погрузки, на компас надевают чехол. Стекла котелка и колпака протирают сухой ветошью. Чтобы на азимутальном круге и пеленгаторе не образовался налет, их протирают и смазывают тонким слоем вазелина. При зимнем отстое судна котелок вынимают из нактоуза и хранят в теплом помещении.

Ремонт компасов производят в базовых электрорадионавигационных камерах пароходств (БЭРНК). На судне могут производиться только такие работы, как удаление пузырьков воздуха и доливка котелка жидкостью, осмотр и замена компасной шпильки.

Если под стеклом в верхней камере появился пузырек воздуха, котелок осторожно вынимают из пружинного подвеса нактоуза и плавно переворачивают вверх дном. Покачивают котелок, а за-

тем поворачивают его стеклом вверх, при этом пузырек воздуха переходит в дополнительную камеру и остается в ней. Если пузырек воздуха достаточно большой и удалить его не удастся, то в котелок через специальное отверстие доливают компасную жидкость.

Смену шпильки производят, если у компаса появился застой, так как обычной причиной застоя картушки является увеличение трения топки о притупившуюся шпильку. Котелок вынимают из пружинного подвеса и кладут грузом вверх на стол. Снимают чашку с грузом и вывинчивают пробку диафрагмы. Вставив в отверстие специальную отвертку, имеющуюся в комплекте компаса, вращают ее против часовой стрелки. При этом отвертка навинчивается на нижнюю часть шпильки, а затем вывинчивает ее из колодки. Осматривают наконечник шпильки через лупу. Если он имеет повреждения, то шпильку заменяют, проделывая всю работу в обратном порядке. Если после замены шпильки застой остается, котелок сдают в ремонт.

§ 22. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЙДЕННОГО РАССТОЯНИЯ И СКОРОСТИ

Для учета перемещения судна в море необходимо знать расстояния, которые оно проходит за определенные промежутки времени. Приборы, измеряющие пройденное судном расстояние или его скорость, называются *лагами*.

В настоящее время на судах используются *гидродинамические* (гидравлические) *лаги*. Принцип работы их основан на измерении разности суммарного давления, величина которого зависит от скорости хода судна и его осадки, и статического давления, величина которого зависит только от осадки. Эта разность соответствует динамическому давлению, возникающему в результате движения судна и пропорциональному квадрату скорости судна. Динамическое давление воспринимается механизмом лага и преобразуется в показания скорости судна в узлах. Кроме скорости, гидродинамические лаги при помощи часового механизма показывают пройденное судном расстояние в милях. (Устройство и эксплуатация этих лагов изучается в курсе электронavigационных приборов).

На морских маломерных судах применяются также *механические вертушечные лаги*, которые показывают только пройденное судном расстояние в милях.

Пройденное судном расстояние по лагу $S_{\text{л}}$ принимается равным разности двух отсчетов на счетчике лага, сделанных в начале и в конце данного промежутка времени Δt (предполагается, что поправка лага равна нулю).

Зная $S_{\text{л}}$ и Δt , можно получить скорость судна

$$V_{\text{л}} = \frac{60 S_{\text{л}}}{\Delta t}, \quad (20)$$

где $V_{л}$ — скорость судна по лагу, уз;
 $S_{л}$ — пройденное по лагу расстояние, мили;
 Δt — промежуток времени, мин.

На практике отсчеты лага принято замечать в начале каждого часа, что позволяет по разности отсчетов сразу получать скорость судна в узлах.

По ряду причин гидродинамические и механические лаги обычно имеют погрешность, которая учитывается путем введения *поправки* лага $\Delta л$ на его показания.

Все лаги дают возможность измерить пройденное расстояние только относительно воды. Если же в районе плавания имеются течения, то показания лагов не будут соответствовать действительным скоростям и пройденным судном расстояниям относительно грунта. В этих случаях необходимо делать специальные вычисления для определения скорости судна относительно поверхности Земли.

Скорость судна относительно воды иногда определяют по частоте вращения винта, для этого путем специальных наблюдений составляют график и таблицу соответствия скорости хода в узлах числу оборотов винта в минуту. Расчеты выполняют для двух осадок судна: в грузу и в балласте. По скорости, выбранной из таблицы, можно определить пройденное судном расстояние по формуле

$$S_{об} = \frac{V_{об} \Delta t}{60}, \quad (21)$$

где $S_{об}$ — пройденное расстояние, мили;
 $V_{об}$ — скорость судна, определенная по оборотам гребного винта, уз;
 Δt — время плавания, мин.

При использовании этого способа следует учитывать, что скорость судна при тех же оборотах винта может меняться при встречном или попутном ветре, волнении, обрастании корпуса, а также вследствие влияния мелководья или изменения загрузки судна.

Для облегчения вычислений при определении пройденного расстояния по известным скорости и времени пользуются приложением 2 МТ—75. По приложению 3 МТ—75 можно получить промежуток времени, который необходим судну, чтобы пройти заданное расстояние при известной скорости.

§ 23. ЗАБОРТНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ЛАГИ ЛЗМ И ЛЗБ. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО

На морских судах применяют вертушечные механические лаги двух систем: ЛЗМ — для измерения скоростей от 5 до 15 уз и ЛЗБ — до 25 уз. Принцип действия обоих лагов одинаков: буксируемая за кормой движущегося судна вертушка лага приводит-

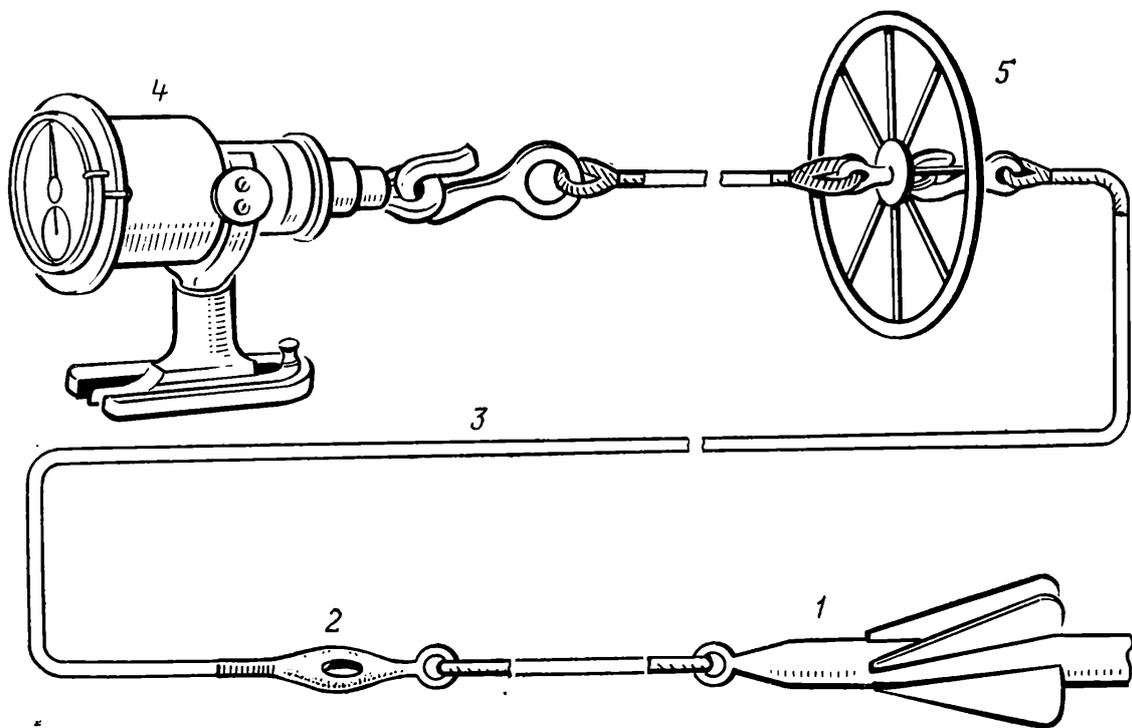


Рис. 29. Механический лаг

ся во вращение давлением воды. Вращение, скорость которого пропорциональна скорости судна, передается на механический счетчик и с него на циферблат. С циферблата, градуированного в морских милях, снимают пройденное судном расстояние. Различия в устройстве лагов ЛЗМ и ЛЗБ незначительны и касаются лишь веса вертушки и конструкции счетчика.

Основными частями механического лага (рис. 29) являются вертушка 1, соединительная груша 2, лагльинь 3, маховое колесо 5 и счетчик лага 4.

Вертушка представляет собой латунный пустотелый цилиндр. Передняя коническая часть вертушки залита свинцом. Она заканчивается очком, в который вплетен отрезок лагльиня. К поверхности цилиндра под определенными углами к его оси припаяны латунные перья, которые приводят вертушку во вращение при движении судна. На каждую пройденную милю вертушка лага ЛЗМ делает 882, а ЛЗБ — 588 оборотов.

Соединительная груша служит для соединения вертушки с лагльинем. Кроме того, она оттягивает лагльинь вниз, придавая вертушке необходимое для правильной работы лага горизонтальное положение.

Лагльинь служит для передачи вращения вертушки на механический счетчик. Он изготавливается из плетеного льняного восьмипрядного троса диаметром 10 мм. Длина лагльиня зависит от скорости судна и может быть от 75 (скорость 10 уз) до 180—200 м (скорость 25 уз). Для каждого судна длина лагльиня подбирается на ходовых испытаниях опытным путем.

Маховое колесо поглощает рывки и вибрацию лагльиня, а также обеспечивает равномерную передачу вращения лагльиня на счетчик.

Механический счетчик состоит из наружного кожуха, внутри которого помещен механизм счетчика. На него через хвостовую часть счетчика передается вращение лаглиня, преобразуемое посредством системы шестерен и червячных передач в показания циферблата. Циферблат обычно имеет три шкалы со стрелками. Большая шкала, имеющая 100 делений, служит для отсчета целых миль. На правой малой шкале, имеющей 10 делений, отсчитываются десятые доли мили — кабельтовы. Каждое из 10 делений левой малой шкалы соответствует 100 милям. Показания счетчика с помощью контактного прибора могут передаваться на репитер, установленный в штурманской рубке.

При помощи специальных цапф и вилок механический счетчик может вращаться вокруг вертикальной и горизонтальной осей, вследствие чего он всегда располагается на одной линии с лаглинем. Расположенная внизу счетчика пятка при выпуске лага задвигается в башмак, привинченный к планширю на гакаборте судна. В цилиндрической части счетчика имеется отверстие для смазки.

Выпуск и уборка лага. Механический лаг выпускают после выхода судна из порта с подветренной стороны. Счетчик лага устанавливают в башмаке и соединяют с маховым колесом.

После этого к маховому колесу подсоединяют гак лаглиня. Лаглинь разбирают на палубе, чтобы он не запутался при вытравливании. В левую руку набирают несколько шлагов лаглиня, чтобы хватило до уровня воды, после чего правой рукой бросают в воду вертушку вместе со шлагами лаглиня. Придерживая вытравливающийся лаглинь, передают постепенно его натяжение на хвостовик счетчика. Резким поворотом махового колеса по часовой стрелке приводят во вращение ось счетчика.

Обычно перед выпуском лага стрелки циферблата устанавливают в нулевое положение. Момент выпуска лага записывают в судовой журнал.

Механический лаг убирают при подходе к порту или якорной стоянке, перед дачей заднего хода, перед остановкой судна, а также при входе в плавучий лед. Для выборки лага захватывают рукой лаглинь за маховым колесом и выбирают их на палубу. Выложив гак из очка махового колеса, выбирают лаглинь обеими руками, выпустив за борт его свободный конец для раскручивания. Подняв вертушку на палубу, выбирают лаглинь на борт и укладывают в большую бухту. Отсоединяют маховое колесо от счетчика и вынимают счетчик из башмака.

Уход за лагом. При длительной работе лага его необходимо смазывать каждые 12 ч костяным маслом. Масло заливают через отверстие в кожухе механизма счетчика. При выпуске и уборке лага следует осторожно обращаться с вертушкой, чтобы не погнуть ее перья. Выбранный лаглинь прополаскивают пресной водой, просушивают, укладывают в бухту и подвешивают для хранения в сухом месте.

§ 24. ПОПРАВКА И КОЭФФИЦИЕНТ ЛАГА.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СУДНА
И ПОПРАВКИ ЛАГА НА МЕРНОЙ ЛИНИИ

Лаги всех систем из-за конструктивных недостатков имеют погрешности в показаниях. Величина погрешности меняется с изменением скорости судна, т. е. будет разной на полном, среднем и малом ходу. Чтобы с помощью лага получить пройденное судном расстояние $S_{л}$, вычисленную разность отсчетов лага необходимо исправить поправкой прибора, соответствующей скорости судна.

Поправкой лага $\Delta л$ называется величина, выраженная в процентах, служащая для перехода от расстояния, показанного лагом, к действительно пройденному судном расстоянию относительно воды.

Для определения поправки лага необходимо сравнить известное расстояние S между двумя пунктами с расстоянием между теми же двумя пунктами, полученным по счетчику лага. Тогда

$$\Delta л = \frac{S - \text{рол}}{\text{рол}} 100, \quad (22)$$

где $\text{рол} = (ол_2 - ол_1)$ — разность отсчетов лага, замеченных по счетчику.

Поправка лага считается положительной, если рол меньше действительного расстояния S , и отрицательной, если рол больше S .

При расчетах пройденного расстояния по показаниям лага вместо поправки лага часто пользуются коэффициентом лага $k_{л}$, который вычисляют по формуле

$$k_{л} = \frac{S}{\text{рол}}. \quad (23)$$

Коэффициент лага связан с поправкой соотношением,

$$k_{л} = 1 + \frac{\Delta л}{100}. \quad (24)$$

Положительной поправке соответствует коэффициент, больший единицы, а отрицательной — меньший единицы.

Пример 21. Действительное расстояние, пройденное судном, $S = 2,5$ мили, $\text{рол} = 2,6$ мили. Определить $\Delta л$ и $k_{л}$.

Решение. 1.

$$\Delta л = \frac{2,5 - 2,6}{2,6} 100 = \frac{-0,1}{2,6} \approx -4 \%.$$

$$2. k_{л} = \frac{2,5}{2,6} = 0,96, \text{ или } k_{л} = 1 + \frac{(-1)}{100} = 0,96.$$

Все лаги должны иметь формуляры с результатами сдаточных испытаний и таблицы поправок для полного, среднего и малого хода, ввешенные на ходовом мостике. Определение поправок

лага должно производиться на мерной линии не реже чем через два года и после каждого ремонта лага. Одновременно вместе с поправкой лага определяют скорость судна и составляют таблицу ее соответствия частоте вращения гребного винта.

Мерная линия представляет собой специально оборудованный полигон, предназначенный для определения скорости судна и поправки лага. Мерная линия оборудуется (рис. 30) *ведущим створом*, по которому судно совершает пробег, и несколькими *секущими створами*, перпендикулярными к линии пробега.

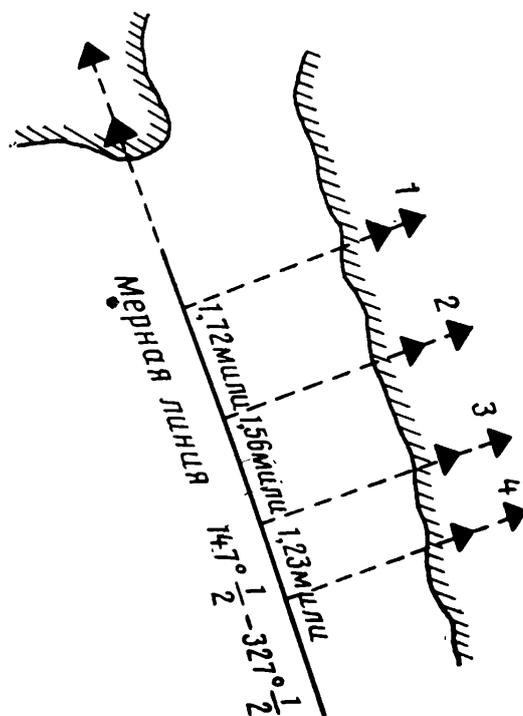


Рис. 30. Мерная линия

Расстояния S между секущими створами выверены и указаны на карте и в навигационных пособиях. Вместо ведущего створа вдоль линии пробега могут быть выставлены буи или вехи.

Пройденное судном расстояние относительно воды $S_{\text{л}}$ будет соответствовать расстоянию относительно грунта S только при полном отсутствии течений. Поэтому мерные линии оборудуются в районах, где нет постоянных течений. Влияние переменных течений, которые могут всегда возникнуть, учитывается тем, что определение Δl и скорости судна обычно делают на трех пробегах.

Определение Δl и скорости производится при волнении моря не выше 2 баллов и ветре до 3 баллов. Длина пробега устанавливается в зависимости от скорости судна: до 12 уз—1 миля, от 12 до 24 уз — 2 мили.

Скоростные испытания проводятся дважды: при полной загрузке судна и в балласте для полного, среднего и малого ходов. Обычно наблюдения начинают с полного хода. Судно развивает установленную скорость и, выйдя на ведущий створ, двигается строго прямолинейно. В момент пересечения первого секущего створа дается команда «Ноль» и пускается секундомер. По этой команде наблюдатель на мостике замечает отсчет лага ol_1 , а наблюдатель в машинном отделении — показания счетчика суммарного числа оборотов гребного винта N_1 .

В момент пересечения второго секущего створа вновь дается команда «Ноль» и стопорится секундомер. Повторно замечают и записывают отсчет лага ol_2 и показания счетчика оборотов N_2 .

Когда конечный створ пройден, отворачивают на $10\text{--}20^\circ$ в сторону от берега и, пройдя 2—3 мили, описывают циркуляцию с расчетом выйти на обратный курс с нужной скоростью. Все наблюдения повторяются на втором, а затем на третьем пробегах.

По результатам наблюдений на каждом пробеге вычисляют:

1) скорость судна

$$V_i = \frac{3600S}{t}, \quad (25)$$

где V_i — скорость судна, уз;
 S — длина пробега, мили;
 t — время пробега, с;

2) частоту вращения гребных винтов

$$N_i = \frac{60(N_2 - N_1)}{t}, \quad (26)$$

где N_i — частота вращения движителя, об/мин;
 N_1 и N_2 — показания счетчика суммарной частоты вращения движителя в моменты пересечения створов;
 t — время пробега, с;

3) поправку лага

$$\Delta l_i = \frac{S - \text{рол}}{\text{рол}} \cdot 100.$$

Для исключения влияния течения вычисляют средние из трех пробегов значения V , N и Δl для данного режима работы машин по формулам:

$$V = \frac{V_1 + 2V_2 + V_3}{4}; \quad N = \frac{N_1 + 2N_2 + N_3}{4}, \quad \Delta l = \frac{\Delta l_1 + 2\Delta l_2 + \Delta l_3}{4}.$$

По величине Δl определяют коэффициент лага (24).

Такие же наблюдения и вычисления проводят на среднем и малом ходу. По V и N , полученным на трех режимах работы машины, строят график соответствия скорости частоте вращения гребного винта. Точки на графике соединяют плавной кривой, по которой затем составляют таблицу соответствия скорости хода. График и таблицу составляют для двух осадок судна — в полном грузу и в балласте.

§ 25. УЧЕТ ПОПРАВКИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЛАГА

Для определения расстояния, пройденного судном по лагу между двумя точками, замечают отсчеты лага в начале и в конце пути. Вычисленную разность отсчетов лага исправляют поправкой или коэффициентом лага, пользуясь формулами:

или
$$S_{\text{л}} = \text{рол} \left(1 + \frac{\Delta l}{100} \right) \quad (27)$$

$$S_{\text{л}} = \text{рол} k_{\text{л}}. \quad (28)$$

При расчете $S_{\text{л}}$ можно пользоваться приложением 4 к МТ — 75.

Пример 22. При выходе судна из порта был выпущен лаг и замечен $ол_1 = 27,3$. В конце вахты замечен $ол_2 = 49,8$. $\Delta l = +3\%$ ($k_{\text{л}} = 1,03$). Рассчитать $S_{\text{л}}$ по формулам (27), (28) и приложению 4 МТ — 75.

Решение. 1. $рол = ол_2 - ол_1 = 49,8 - 27,3 = 22,5$ мили.

$$2. S_{л} = рол \left(1 + \frac{\Delta л}{100} \right) = 22,5 \left(1 + \frac{3}{100} \right) = 23,2 \text{ мили};$$

$$S_{л} = рол k_{л} = 22,5 \times 1,03 = 23,2 \text{ мили.}$$

По приложению 4 МТ — 75 $S_{л} = 22,7 + 0,5 = 23,2$ мили.

§ 26. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИНЫ. РУЧНОЙ ЛОТ

Для измерения глубины моря применяются приборы, называемые лотами. В настоящее время на морских судах устанавливаются гидроакустические лоты (эхолоты).

Принцип их работы заключается в том, что механические колебания, возбуждаемые в вибраторе-излучателе, распространяются в виде короткого ультразвукового импульса, доходят до дна и, отразившись от него, принимаются вибратором-приемником. Эхолоты автоматически указывают глубину моря, которую определяют по известной скорости распространения звука в воде и промежутку времени от момента посылки импульса до момента его приема. Эхолоты снабжены также самописцами, на ленте которых вычерчивается рельеф дна. (Устройство и эксплуатация различных систем гидроакустических лотов изучаются в курсе электронавигационных приборов.)

Для измерения глубин моря до 50 м при скорости судна до 4—5 уз, определения характера грунта, а также для обнаружения дрейфа судна при стоянке на якорю применяется ручной лот.

Ручной лот (рис. 31) состоит из свинцовой или чугунной гири высотой около 30 см и массой от 3 до 5 кг. В нижнем основании гири делается углубление, имеющее в разрезе вид ласточкина хвоста. В него вмазывают смесь сала с толченым мелом для взятия образца грунта. В проушину гири продевается обшитая кожей стропка из стального троса. В стропку ввязывается огон лотлиня.

Лотлинь изготовляют из бельеного пенькового линя диаметром 25 мм и длиной 52 м, который разбивается (развязывается) на метровые деления от 0 до 50 м. Перед разбивкой лотлинь вымачивают в воде и вытягивают. Разбивку начинают от места соединения его с гирей. Через каждые 10 м в лотлинь вплесниваются

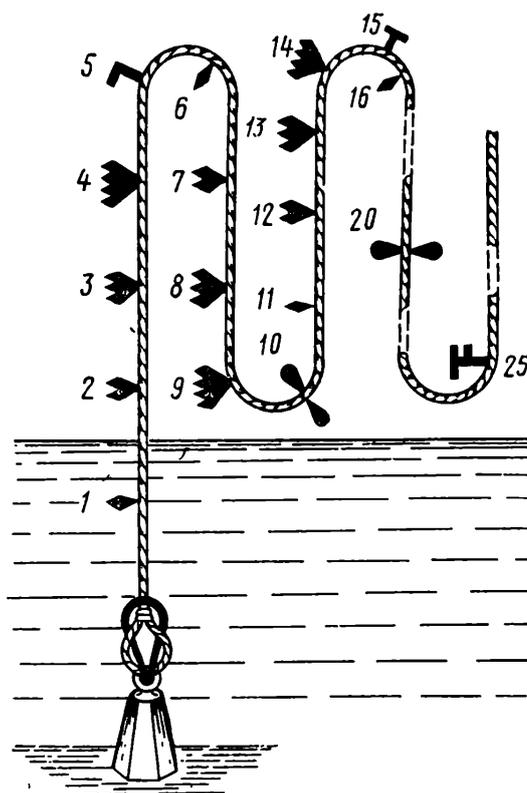


Рис. 31. Ручной лот

флагдухи (кусочки цветной ткани): 10 м — красный, 20 — синий, 30 — белый, 40 — желтый и 50 м — бело-красный. Каждый десятиметровый участок делят пополам кожаной маркой с топориками: 5 м — с одним топориком, 15 — с двумя, 25 — с тремя, 35 — с четырьмя, 45 м — с пятью. Каждый пятиметровый участок разбивают на пять частей кожаными марками с зубцами: 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31 и 46 м имеют марку с одним зубцом; 2, 7, 12, 17, 22, 27, 32, 37, 42 и 47 м — с двумя; 3, 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43 и 48 м — с тремя; 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39, 44 и 49 м — с четырьмя зубцами.

Для шлюпочного промера лотлинь дополнительно может быть разбит на более мелкие деления.

На расстоянии 2—3 м от гири в лотлинь вплеснивается деревянный колышек — *клевант*, за который берется матрос при бросании лота.

При измерении глубины на движущемся судне ход уменьшают. Лот бросают с наветренного борта. Лотовый матрос набирает в одну руку несколько шлагов лотлиня, а другой раскачивает гирю. Сделав 2—3 полных оборота, он бросает гирю вперед по ходу судна и травит лотлинь так, чтобы он стал вертикально в момент касания гирей дна. Сделав для контроля несколько ударов гирей о дно, лотовый замечает марку у воды и выкрикивает полученную глубину. Если лот не достал до дна, то на мостик сообщают «пронесло», добавляя при этом на какую глубину был вытравлен лотлинь.

§ 27. ПРОКЛАДОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Для ведения прокладки на карте используют прокладочный инструмент (рис. 32): навигационный транспортер, параллельную линейку, циркуль-измеритель, протрактор. Прокладку выполняют только простым карандашом.

Транспортер (рис. 32, а) служит для построения и измерения углов (курсов и пеленгов). Он состоит из градуированного полукруга *ABC*. Цена каждого деления составляет 1° . Цифры градусов нанесены в два ряда, что позволяет измерять транспортером углы от 0 до 360° . К полукругу примыкает линейка *ACDF*. В точке *O* на внутреннем срезе линейки располагается центр полукруга. К нижнему краю линейки крепится планка *E*.

Параллельная линейка (рис. 32, б) используется для проведения на карте прямых линий: курсов и пеленгов. Для переноса линий параллельно заданным направлениям она изготавливается из двух параллельных линеек *A* и *B*, связанных между собой планками одинаковой длины на шарнирах. При раздвижении линеек их срезы остаются параллельными. Параллельную линейку необходимо периодически проверять на прямолинейность и параллельность рабочих срезов.

Циркуль-измеритель (рис. 32, в) используется для измерения и откладывания на карте расстояний. Раствор ножек

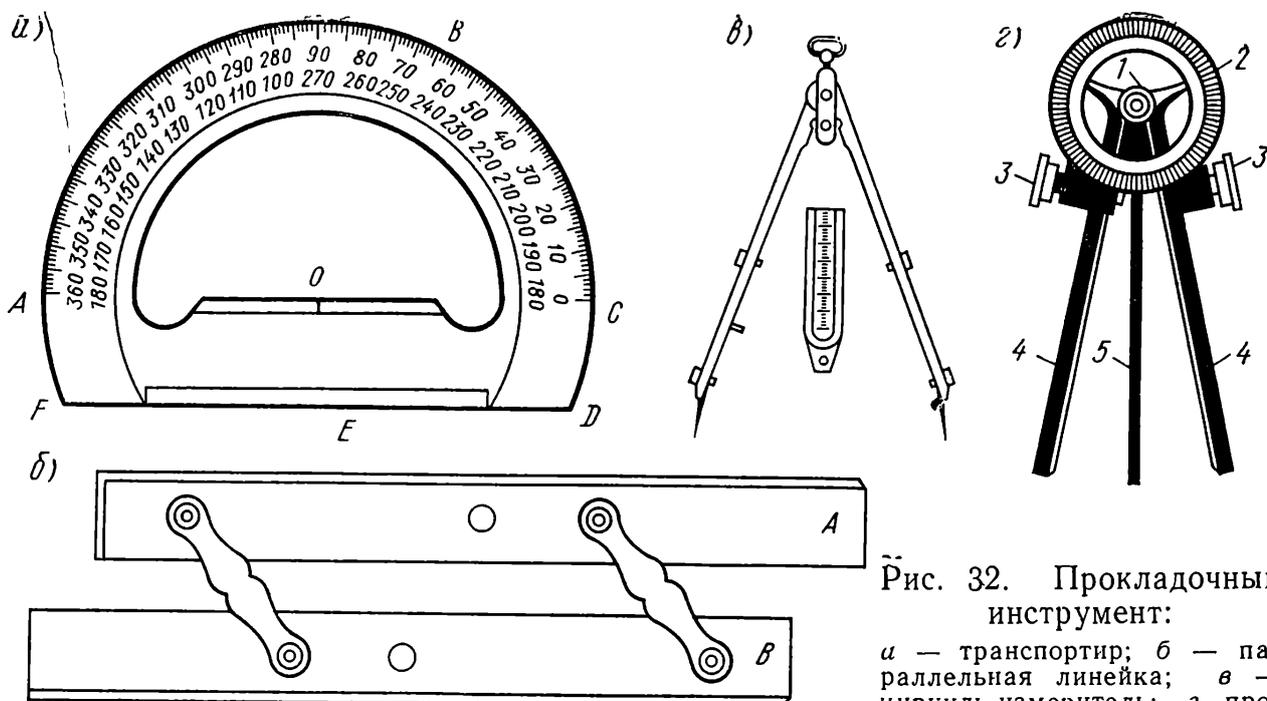


Рис. 32. Прокладочный инструмент:
а — транспорт; *б* — параллельная линейка; *в* — циркуль-измеритель; *г* — протрактор

циркуля не должен произвольно изменяться, а при сдвинутых ножках закреплённые в них иголки должны давать один укол, размером не более 0,2 мм.

Протрактор (рис. 32, г) используется для получения на карте места судна по двум горизонтальным углам, измеренным между тремя ориентирами. Он состоит из кругового лимба 2, трех линеек, из которых средняя — неподвижная 5, а две боковые — подвижные 4. При помощи лимба и отсчетных барабанов 3 подвижные линейки можно устанавливать под заданными углами к рабочему срезу неподвижной линейки. Точность отсчета углов составляет до 0',2—0',3. Центр круга протрактора 1 является общей вершиной обоих углов. В центре круга имеется отверстие для карандаша или кнопка-фиксатор.

Протрактор должен иметь аттестат с таблицей поправок. Выверка и переаттестация инструмента должны производиться не реже чем один раз в два года.

Глава IV

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ И МОРСКИЕ КАРТЫ

§ 28. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Чтобы осуществить переход из одного пункта земного шара в другой, судоводитель должен заблаговременно выбрать наиболее выгоднейший путь, а во время перехода вести учет движения своего судна. Для этого он должен иметь подробное изображение поверх-

ности Земли, включающее в себя такие сведения, как очертание берегов, данные о глубинах моря, фарватерах, навигационных опасностях, береговых и плавучих средствах ограждения опасностей и т. д. Применение глобуса для такого подробного изображения района плавания судна невозможно. Поэтому для судовождения применяют изображение отдельных, сравнительно небольших участков поверхности Земли, выполненное на плоскости.

Уменьшенное изображение на плоскости части или всей земной поверхности называется *картой*.

На практике применяют различные способы изображения сферической поверхности Земли на плоскости. Все они сводятся к построению на плоскости сетки прямых или кривых линий, изображающих параллели и меридианы. Совокупность этих линий на карте носит название картографической сетки, а способ, примененный для их изображения, называют картографической проекцией. Имея на плоскости систему координатных линий, можно нанести на нее изображение различных элементов земной поверхности по их координатам.

В любом случае изобразить сферическую поверхность на плоскости невозможно без разрывов и складок. Поэтому все картографические проекции имеют те или иные искажения.

Классификация картографических проекций. Картографические проекции классифицируются по характеру искажений и по способу построения картографической сетки.

По характеру искажений проекции делятся на три основные группы.

Равноугольными, или *конформными*, называются проекции, на которых углы между направлениями на какие-либо ориентиры равны углам между теми же направлениями на местности. На этих проекциях сохраняется подобие очертаний небольших фигур при их проектировании. Поэтому они дают правильное представление о форме участков земной поверхности: островов, мысов, заливов и т. д. В то же время линейные размеры фигур на этих проекциях искажены. Поэтому два одинаковых по форме и размерам участка Земли, лежащие, однако, в разной широте, изобразятся на карте подобными по форме контурами, но с различными линейными размерами.

Равновеликими, или *эквивалентными*, называются проекции, сохраняющие пропорциональность площадей изображенных на них участков, тем же площадям на местности. Следовательно, два одинаковых по размерам участка Земли изобразятся на карте фигурами одинаковых размеров. Эти проекции, однако, не соблюдают равенства углов, поэтому все фигуры изображаются на них в искаженном виде. Например, остров, имеющий на местности круглую форму, изобразится на карте эллипсом.

Произвольными называются проекции, не сохраняющие ни равенства углов, ни пропорциональности площадей.

По способу построения картографической сетки проекции делятся на четыре основных класса.

Коническими называются проекции, у которых изображение картографической сетки получают путем проектирования меридианов и параллелей изображающего Землю условного глобуса на поверхность касательного или секущего конуса. Если ось конуса совпадает с осью вращения Земли, то проекция называется *нормальной* (прямой). Меридианы такой проекции изображаются прямыми линиями, пересекающимися в одной точке, а параллели представляют собой концентрические дуги окружностей.

Азимутальными называются проекции, на которых изображение картографической сетки получают путем проектирования меридианов и параллелей на плоскость, называемую *картинной*. К этому классу относятся перспективные проекции, получаемые при проектировании поверхности сферы лучами, исходящими из точки зрения, лежащей на перпендикуляре к картинной плоскости. Если точка зрения находится в центре проектируемой сферы, то перспективная проекция носит название *центральной*, или *гномонической* (рис. 33). В зависимости от положения картинной плоскости гномоническая проекция может быть трех видов (рис. 34): *полярная* (картинная плоскость касается одного из полюсов), *экваториальная* (плоскость касается земного шара в одной из точек экватора) и *горизонтальная* (точка касания между полюсом и экватором). Каждая из этих проекций имеет особенности в изображении картографической сетки, однако дуги больших кругов (ортодромии) всегда изображаются на них прямыми линиями.

Цилиндрическими называются проекции, у которых изображение картографической сетки получают путем проектирования меридианов и параллелей условного глобуса на поверхность касательного или секущего цилиндра, после чего поверхность цилиндра разворачивается на плоскость. Если оси цилиндра и Земли совпадают, то проекция называется *нормальной* (прямой). Меридианы такой проекции — прямые, взаимно параллельные линии, перпендикулярные к экватору, а все параллели — прямые, параллельные экватору.

Условными называются проекции, у которых построение картографической сетки производят способами, отличными от изложенных выше. Эти проекции строят для каких-либо специальных целей.

В судовождении находят наибольшее применение прямая цилиндрическая и центральная

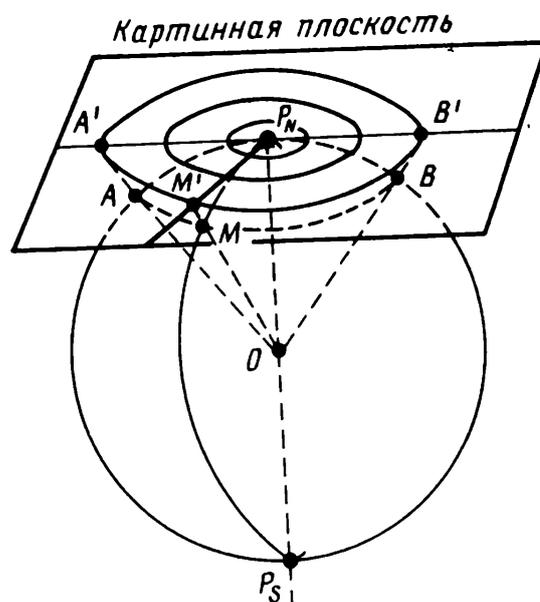


Рис. 33. Получение гномонической проекции

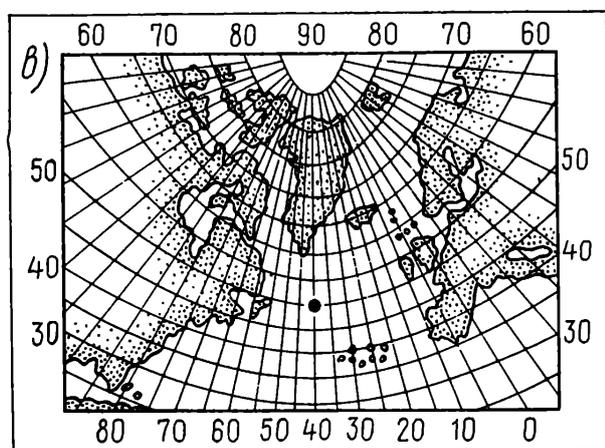
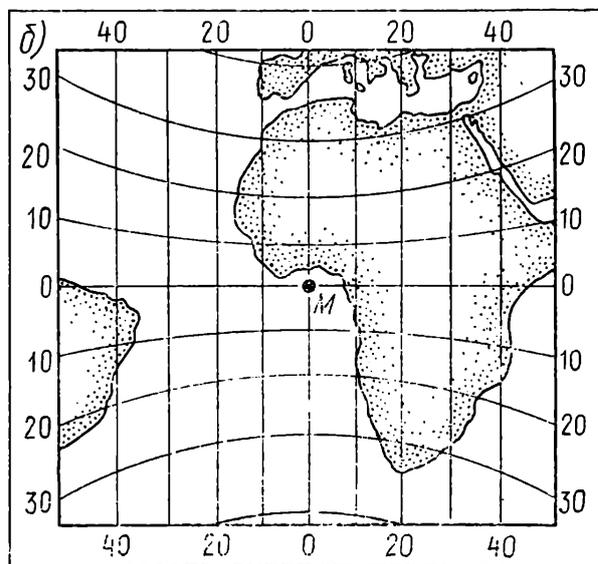
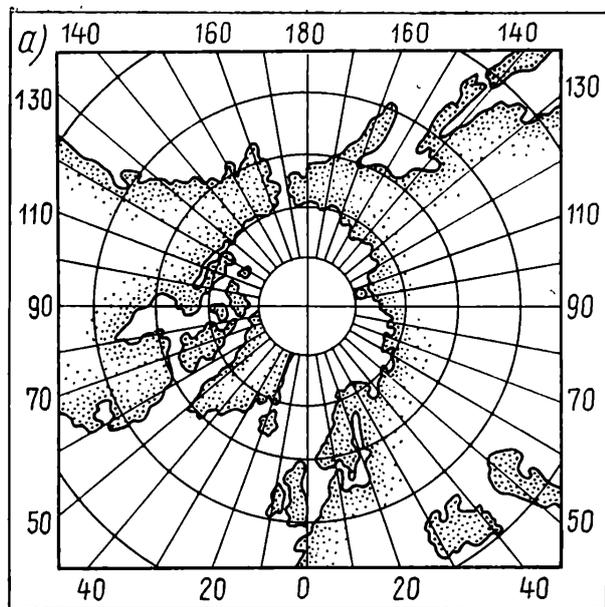


Рис. 34. Гномонические проекции:
 а — полярная; б — экваториальная; в —
 горизонтальная

(гномоническая) проекции. Кроме того, для изображения небольших участков — акваторий портов, гаваней, рейдов и т. д. — применяются планы.

Планом называется плоское изображение небольших участков земной поверхности, кривизной которых можно пренебречь. По этой причине план не имеет искажений, сохраняя подобие фигур и площадей. Его составляют путем непосредственной съемки местности.

§ 29. МАСШТАБЫ КАРТ

Степень уменьшения размеров участка земной поверхности при изображении его на карте называется *масштабом*. Масштаб карты определяется как отношение длины прямой между двумя точками на карте к действительному горизонтальному расстоянию между этими же точками на местности.

Различают два вида масштаба: числовой (численный) и линейный.

Числовой масштаб выражается дробью, числитель которой единица, а знаменатель — число, показывающее, скольким единицам длины на местности равна одна единица длины на карте. Так, масштаб 1:100 000 указывает, например, что 1 см на карте соответствует 100 000 см на местности.

Линейный масштаб показывает, сколько более крупных единиц длины на местности содержится в одной более мелкой единице длины на карте. Линейный масштаб может быть выражен числовым соответствием единиц длины (например, «3 мили в 1 см») или графически. В последнем случае масштаб изображается прямой линией, разделенной на мелкие деления. Надписи на штрихах делений соответствуют расстояниям на местности, выраженным в крупных единицах длины.

На морских картах линейный масштаб наносится на вертикальные рамки карты.

Степень уменьшения изображения в разных частях картографической проекции может быть разной, т. е. масштаб в пределах одной карты не остается постоянным. Масштаб, присущий данной точке карты, называется *частным*. В заголовках карт указывается числовой масштаб, близкий к среднему значению частных масштабов карт данного моря или района. Такой масштаб называется *главным*. Он указывается по определенной параллели, принятой для того или иного моря.

Предельная точность масштаба. Невооруженным глазом можно различить на карте расстояние не более 0,2 мм. Расстояние на местности, соответствующее 0,2 мм на карте, называют предельной точностью масштаба, так как это то наименьшее расстояние, которое поддается на данной карте измерению. Для определения предельной точности масштаба какой-либо карты следует знаменатель ее числового масштаба, выраженный в сантиметрах, умножить на 0,02 см и перевести в метры. Например, если числовой масштаб карты равен 1:100 000, то предельная точность масштаба составит $100\,000 \times 0,02 = 2000\text{ см} = 20\text{ м}$.

§ 30. ПОНЯТИЕ О ЛОКСОДРОМИИ И ОРТОДРОМИИ. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МОРСКОЙ КАРТЕ

Если судно, совершая плавание между двумя пунктами, идет постоянным курсом, то оно пересекает все меридианы под одним и тем же углом. Линия, пересекающая все меридианы под постоянным углом, называется *локсодромией* (греч. «кривой бег»). На поверхности земного шара локсодромия в общем случае изображается в виде спирали, стремящейся к полюсу, которого она не достигает (рис. 35). На курсах 0 и 180° локсодромия совпадает с меридианом, а на курсах 90 и 270° — с параллелью.

Плавание по локсодромии, т. е. постоянным курсом, удобно, так как не требует проведения каких-либо расчетов, связанных с частой переменой курсов. Однако локсодромия не является кратчайшим расстоянием между двумя точками А и В. Кратчайшим

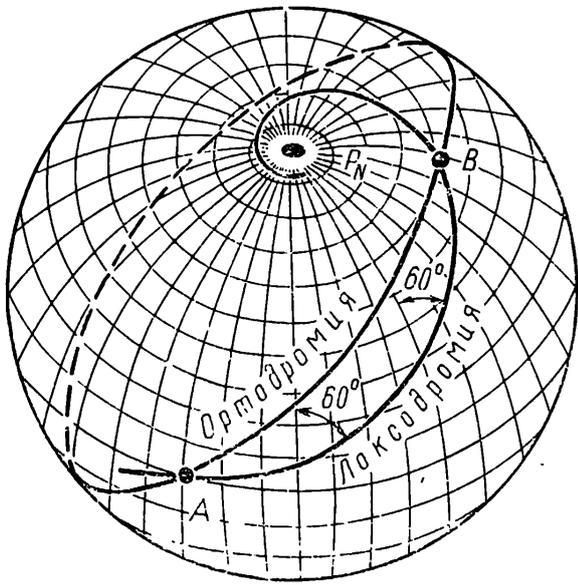


Рис. 35. Изображение локсодромии и ортодромии на поверхности Земли

локсодромии на практике таким увеличением длины пути пренебрегают и совершают переходы постоянными курсами. Только в случае длительных океанских переходов плавание совершают по дуге большого круга.

Для судовождения требуется особая картографическая проекция, которая должна быть удобной для ведения графического счисления пути судна и определения его места. Поэтому к морским картам предъявляются следующие основные требования:

линия пути судна, идущего постоянным курсом, т. е. по локсодромии, должна изображаться на карте прямой линией, что обеспечивает удобство прокладки курсов судна;

углы и направления на местности должны быть равны соответствующим углам и направлениям на морской карте, т. е. карта должна быть равноугольной (конформной). Это позволит определять место судна в море по пеленгам и углам, измеренным между береговыми ориентирами, а также опознавать берег по его изображению на карте.

Проекцию, удовлетворяющую этим требованиям, создал в 1569 г. голландский картограф Герард Кремер, известный под именем Меркатора. Предложенная им проекция получила название меркаторской. По способу построения она относится к нормальным (прямым) цилиндрическим проекциям, а по характеру искажений — к равноугольным, или конформным.

§ 31. ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ТЕОРИЯ МЕРКАТОРСКОЙ ПРОЕКЦИИ

Картографическая сетка меркаторской проекции строится следующим образом. Условный глобус заключается в цилиндр, касательный к глобусу по экватору (рис. 36). Меридианы, нанесенные

расстоянием между выбранными точками на земном шаре является меньшая из дуг большого круга, проходящего через эти точки (см. рис. 35). Эта дуга называется ортодромией (греч. «прямой бег»). Ортодромия пересекает все меридианы под разными углами. В частных случаях, при плавании по экватору или курсами 0 и 180°, она может совпадать с экватором или меридианами, которые одновременно являются локсодромиями.

При небольших переходах разность в длине между локсодромией и ортодромией незначительна. Из-за удобства плавания по

на глобус, распрямляются до тех пор, пока они не коснутся внутренней поверхности цилиндра. При этом меридианы образуют на поверхности цилиндра ряд прямых линий, параллельных между собой. Расстояние между этими линиями равно расстояниям между меридианами на экваторе глобуса. При распрямлении меридианов параллели растягиваются и становятся равными по длине экватору. На внутренней поверхности цилиндра они образуют ряд окружностей. Удлинение параллелей будет тем значительнее, чем ближе они к полюсу.

Найдем математическую закономерность, которая определяет характер растяжения каждой параллели. Обозначим (рис. 37) радиус параллели AB , лежащей в широте φ , через r , а радиус Земли — через R . В прямоугольном треугольнике BOC $\angle CBO = \angle BOQ = \varphi$. Из этого треугольника получаем

$$r = R \cos \varphi,$$

откуда

$$R = \frac{r}{\cos \varphi} = r \sec \varphi. \quad (29)$$

Умножив левую и правую части равенства (29) на 2π , получим в левой части длину экватора, а в правой — длину параллели, умноженную на секанс широты данной параллели,

$$2\pi R = 2\pi r \sec \varphi. \quad (30)$$

Из выражения (30) можно сделать заключение, что любая параллель, удлиняясь до окружности экватора, растягивается пропорционально секансу широты.

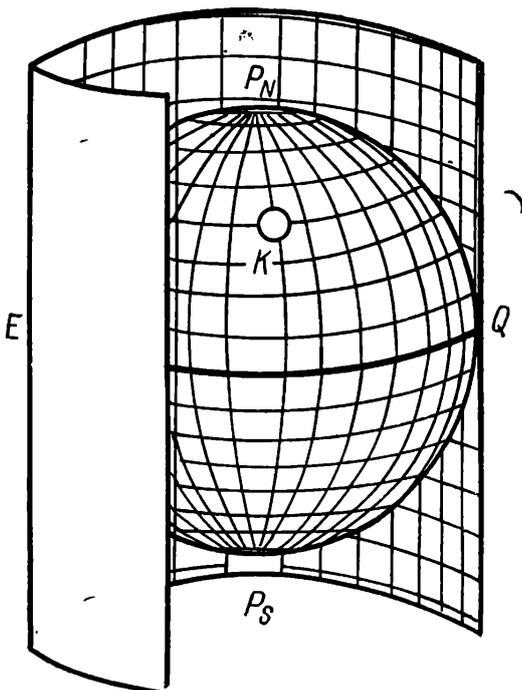


Рис. 36. Получение меркаторской проекции

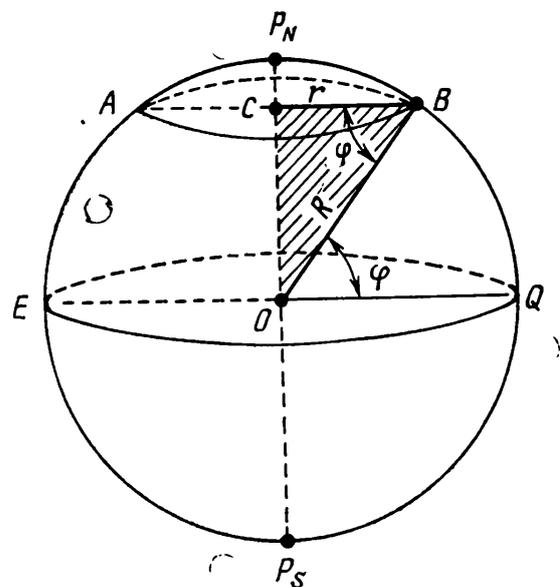


Рис. 37. Соотношение между длиной параллели и экватора

Разрежем цилиндр по образующей и развернем его на плоскость. Полученная картографическая сетка (рис. 38, а) удовлетворяет первому требованию к морской карте: так как все меридианы параллельны, то локсодромия изобразится на ней прямой линией.

Однако проекция не является равноугольной, поскольку участки земной поверхности при проектировании будут вытягиваться на ней вдоль параллелей пропорционально секансу φ и, следовательно, не будет сохраняться подобие фигур на местности и на карте. Так, небольшой остров *К*, имеющий круглую форму, изобразится в виде эллипса, вытянутого в широтном направлении (см. рис. 38, а).

Чтобы сделать проекцию равноугольной, необходимо теперь меридианы в каждой точке растянуть так же, как в этой точке растянулась параллель, т. е. пропорционально секансу широты точки. После этого масштаб на каждом небольшом участке карты станет одинаковым как по параллели, так и по меридиану (рис. 38, б). Изображение круглого острова на картографической сетке сохранит свою круглую форму, т. е. проекция будет обладать свойством равноугольности.

Построенная таким методом картографическая проекция, удовлетворяющая обоим требованиям к морской карте, носит название меркаторской.

Чтобы было удобно измерять расстояния, а также разности широт, боковые рамки меркаторской карты разбивают на участки в $1'$, т. е. на морские мили. Так как при построении карты меридианы вытягивались не равномерно, а пропорционально секансу широты в каждой точке, то морские мили будут изображаться разными по длине участками, увеличивающимися по мере удаления от экватора.

Изображение 1 морской мили на меркаторской карте в данной широте называется *меркаторской милей*.

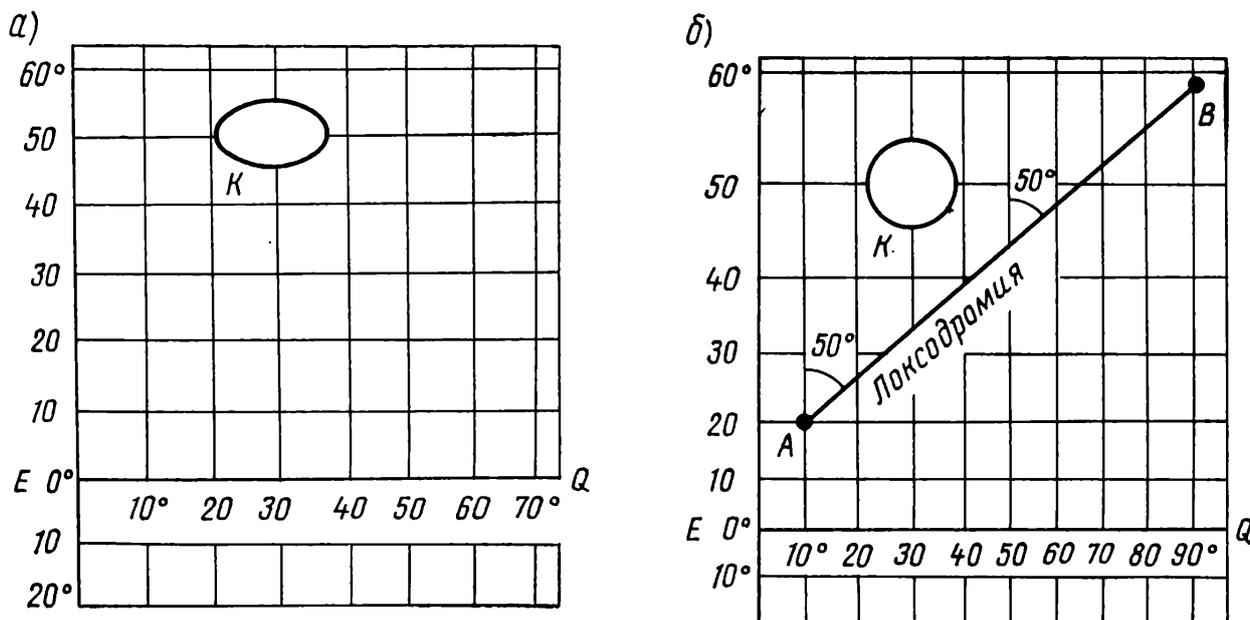


Рис. 38. Построение меркаторской проекции:

а — сетка из меридианов и параллелей; б — меркаторская проекция

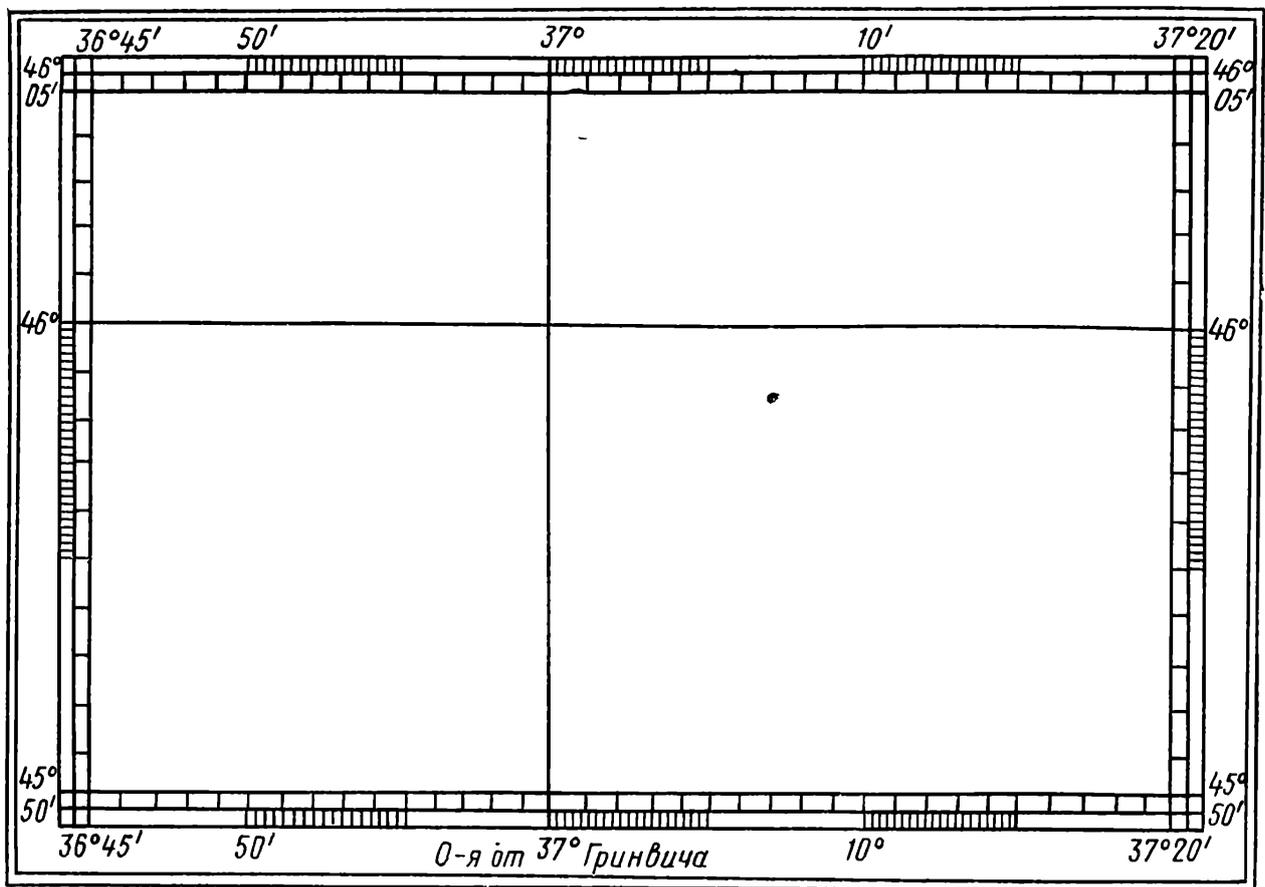


Рис. 39. Оформление рамок меркаторской карты

На экваторе, т. е. в широте 0° , меркаторская миля равна 1 экваториальной миле, в широте 60° — 2 экваториальным милям ($\sec 60^\circ = 2$), а в широте 80° — 5,8 экваториальным милям ($\sec 80^\circ = 5,8$). При измерении расстояния в какой-либо широте следует пользоваться меркаторскими милями, взятыми с боковой рамки карты в той же широте (рис. 39).

§ 32. КЛАССИФИКАЦИЯ МОРСКИХ КАРТ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Морские карты предназначаются как для ведения навигационной прокладки, так и для получения различных сведений о районе плавания. Поэтому издаваемые для мореплавателей картографические материалы отличаются большим разнообразием. Изданием морских карт, а также руководств и пособий для плавания ведаёт Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР (ГУНиО МО).

Для удобства пользования картами введена их классификация в зависимости от назначения.

Все морские карты разделяются на две основные группы: навигационные и вспомогательные, справочные.

Навигационные карты в свою очередь подразделяются на морские навигационные, радионавигационные, навигационные промысловые и карты внутренних водных путей.

Морские навигационные карты составляют основную массу карт, используемых на судах. С большей или меньшей степенью подробности на этих картах нанесены рельеф дна, характер берега, навигационные опасности, фарватеры и рекомендованные курсы, средства навигационного оборудования и другие навигационные элементы. В зависимости от масштабов морские навигационные карты и подразделяются на планы, частные, путевые и генеральные.

Планы (масштаб 1:500—1:25 000) предназначены для ориентировки при заходах судов на рейды, в порты, бухты и т. д. В отличие от карт рамки планов не разбиты на градусы и минуты. Для измерения расстояний на них помещаются линейные масштабы в метрах и кабельтовых.

Частные карты (масштаб 1:25 000 — 1:50 000) предназначаются для плавания в районах, сложных в навигационном отношении: при проходе узкостей, в шхерах и т. п.

Путевые карты (масштаб 1:100 000 — 1:500 000) используются для обеспечения плавания судна в значительном удалении от берегов, иногда вне видимости береговых ориентиров. Карты этого типа наиболее распространены. Как правило, на путевых картах ведется прокладка пути судна.

Генеральные карты (масштаб 1:1 000 000 — 1:5 000 000) используются для ведения прокладки при плавании в открытом море в большом удалении от берегов, для общего изучения условий перехода и для предварительной прокладки.

Радионавигационные карты предназначаются для определения места с помощью радионавигационных систем. Кроме обычных географических и навигационных элементов, на эти карты нанесены специальные азимутальные, гиперболические или другие сетки, изолиний. Их масштаб соответствует генеральным или путевым картам.

Навигационные промысловые карты (масштаб 1:100 000 — 1:500 000) представляют собой обычные навигационные карты с дополнительными условными обозначениями, необходимыми для промысла рыбы. В них, в частности, дается подробная характеристика грунтов и сетка промысловых квадратов.

Карты внутренних водных путей (масштаб 1:5000—1:100 000) предназначаются для использования при плавании по рекам, озерам, водохранилищам и каналам.

Вспомогательные и справочные карты являются картографическими изданиями, содержащими обычно дополнительные сведения об условиях плавания в определенных бассейнах. К ним относятся карты радионавигационных систем, карты для плавания по дуге большого круга, шлюпочные карты, карты часовых поясов, карты гидрометеорологических элементов и карты-сетки. Назначение и содержание этих карт рассматриваются в соответствующих разделах издания.

§ 33. СОДЕРЖАНИЕ МОРСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ КАРТ. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ И СОКРАЩЕНИЯ

Картографическая сетка морской карты заполняется в соответствии со своим назначением, географическими и навигационными элементами содержания, надписями и элементами дополнительной характеристики.

К географическим элементам содержания карты относятся изображения берегов океанов, морей, заливов, рельефа морского дна и суши, государственных границ, населенных пунктов.

К навигационным элементам отнесены порты, средства навигационного оборудования, фарватеры, морские каналы, навигационные опасности, навигационные ориентиры, данные магнитного склонения и другие элементы карты, имеющие навигационный характер.

Надписи — это заголовки карты, географические названия, различные пояснения и предупреждения, а также данные об издании и корректурах карты.

К элементам дополнительной характеристики относятся врезки, т. е. небольшие крупномасштабные планы или карты важных в навигационном отношении участков побережья, помещенные на свободных местах листа, таблицы со сведениями о приливах и течениях, рисунки маяков, знаков и т. д.

Элементы содержания карт передаются условными знаками, символами изображения или схематическими рисунками объектов. Различного рода надписи на картах, относящиеся к цвету и характеру огней, наименованию грунтов и т. д., даются в виде условных сокращений.

Все условные знаки и дополняющие их сокращения надписей приводятся в периодически переиздаваемой ГУНиО МО книге «Условные знаки для морских карт и карт внутренних водных путей». Чтобы читать навигационную карту, необходимо четко знать наиболее важные условные знаки и сокращения.

Рассмотрим некоторые общие правила изображения элементов содержания на советских морских картах.

Глубины приводятся к нулю глубин (см. § 87) и даются в метрах и дециметрах, причем глубины от 0 до 5 м округляются с точностью до 0,1 м; от 5 до 20 м — до 0,2 м; 20 м и более — до 1 м. Кроме нанесения отметок глубин, на картах проводятся линии равных глубин — изобаты. Изобата 10 м считается предостерегательной для малых судов, а 20 м — для крупнотоннажных.

Береговая линия в морях с приливами наносится на карту двумя линиями. Одна из них (основная) соответствует следу полной воды в сизигию, а другая — наинижнему уровню моря. Заключенная между этими линиями зона называется *осушкой*.

В морях, где приливы не превышают 0,5 м, за береговую линию принимается урез воды при среднем уровне моря.

Высоты маяков и знаков в морях, не имеющих приливов, даются над средним уровнем моря, а в морях со значительной величиной прилива — над уровнем средней полной сизигийной воды.

Направления и сектора маяков даются, считая с берега от 0 до 360° по часовой стрелке.

Местоположение объектов, не выражаемых в масштабе карты, показывается условными обозначениями. Действительное место объекта при этом принимается в геометрическом центре знака, если он имеет правильную геометрическую форму, или в середине основания, если объект изображается несимметричным рисунком или знаком с широким основанием.

§ 34. ЧТЕНИЕ КАРТЫ И ОЦЕНКА ЕЕ ДОСТОВЕРНОСТИ

Морская навигационная карта должна давать судоводителю четкое представление об изображаемом районе, позволять ему быстро находить на ней все, что наблюдается с мостика. Так как степень подробности изображения местности зависит от масштаба карты, то из всех карт, имеющихся на данный район, всегда следует пользоваться картой самого крупного масштаба.

Чтение карты начинают с изучения ее заголовка, на котором указываются название изображаемого района моря, масштаб карты, сведения о нуле глубин, принятые единицы для указания глубин и высот предметов, данные о магнитном склонении. Затем должны быть прочитаны напечатанные на карте предупреждения и примечания, установлены даты издания, а также большой и малой корректуры. Для получения возможно полного представления об изображенной на карте местности изучаются все показанные на ней географические и навигационные элементы изображения.

При плавании в сложных в навигационном отношении районах рекомендуется сделать подъем карты, т. е. увеличить ее наглядность выделением наиболее важных элементов карты. Для этого карандашом наносят дуги, соответствующие дальности видимости маяков, заштриховывают опасные секторы огней, проводят линии опасных пеленгов и т. д.

Перед пользованием картой нужно оценить ее с точки зрения достоверности и полноты нанесенного на нее изображения. Чем позднее составлена карта, тем больше ей можно доверять. Об уровне современности карты судят также по дате ее нового издания, большой и малой корректуры. Для оценки достоверности изображения рельефа дна устанавливают степень подробности промера. Хорошо обследованным районам моря соответствует на

карте большая частота и равномерность нанесения глубин. Наоборот, редко и неравномерно показанные глубины, белые пятна между ними являются признаком недостаточной изученности района.

При плавании в малообследованных районах следует проявлять особую осторожность, когда глубины изменяются неравномерно. В этих условиях могут быть встречены малые глубины, не обнаруженные при промере.

Глава V

ГРАФИЧЕСКОЕ СЧИСЛЕНИЕ ПУТИ СУДНА

§ 35. ГРАФИЧЕСКОЕ СЧИСЛЕНИЕ. ВЕДЕНИЕ ПРОКЛАДКИ ПРИ ПЛАВАНИИ БЕЗ ДРЕЙФА И ТЕЧЕНИЯ

Судоводитель должен в любой момент видеть нанесенное на карту положение судна. Это позволяет ему ориентироваться в окружающей обстановке, судить о безопасности перемещения, правильно выбирать курсы для дальнейшего плавания. Иными словами, судоводитель должен постоянно вести учет движения своего судна — счисление.

В зависимости от условий плавания счисление осуществляется двумя методами. При океанских плаваниях, когда приходится руководствоваться картами мелкого масштаба, может применяться метод письменного счисления. Сущность его состоит в расчете координат судна на интересующий судоводителя момент времени по формулам с последующим нанесением вычисленного места на карту.

При плавании вблизи берегов, когда на относительно небольших расстояниях от курса могут располагаться опасные глубины и другие надводные и подводные препятствия, счисление должно вестись особенно тщательно и непрерывно. В этих условиях пользуются методом графического счисления, или прокладкой. Под прокладкой понимают совокупность графических работ, выполняемых на карте, и связанных с этим вычислений, нужных для определения места судна в любой момент с необходимой для безопасного плавания точностью.

Обозначения на картах при ведении навигационной прокладки должны соответствовать приведенным в Наставлении по организации штурманской службы на судах морского флота (см. приложение 1).

Перед выходом судна в рейс под руководством капитана должен быть изучен предстоящий переход по картам и пособиям. При этом выполняется предварительная прокладка.

Однако она дает только общее представление об условиях перехода. С момента выхода в рейс окончательный выбор курсов и все принимаемые к учету факторы определяются конкретной обстановкой плавания.

Точное счисление пути судна в рейсе является одной из главнейших обязанностей капитана и его помощников. Грамотное ведение счисления требует от судоводителя четкого понимания процессов и явлений, происходящих в водной и воздушной средах, влияние которых испытывает судно. К этим явлениям относятся ветер, создающий дрейф, а также течения.

Условимся первоначально, что судно не испытывает ни дрейфа, ни течения. Следовательно, относительно воды судно перемещается только под действием своих машин. В свою очередь, масса воды, вследствие отсутствия течения, остается неподвижной относительно грунта. В этих условиях направление перемещения судна относительно и воды и грунта будет совпадать с направлением его диаметральной плоскости, а линия пути судна на карте совпадает с проложенной линией *ИК*. Кроме того, так как масса воды не имеет движения, то расстояние, пройденное судном относительно воды и показанное лагом с учетом его поправки $S_{\text{л}}$, явится одновременно и действительным расстоянием, пройденным судном относительно грунта.

Таким образом, при *плавании без дрейфа и течения учет перемещения судна по карте производится по линиям ИК, по которым откладываются расстояния, пройденные судном по лагу*. Прокладку необходимо вести непрерывно в течение всего времени нахождения судна в плавании. Начинают ее непосредственно после выхода судна из порта или от места якорной стоянки, для чего выбирают исходную точку прокладки. За такую точку могут быть приняты точное место судна, полученное сразу же после выхода за пределы акватории порта, плавучий маяк, приемный буй и т. д. К моменту начала прокладки следует включить лаг, определить поправку компаса по створам или другим способом.

От исходной точки по указанию капитана на карте прокладывают линию первого курса. Снятый с карты *ИК* переводят в *КК*, на который ложатся по главному магнитному компасу или гирокомпасу. Над линией истинного курса на карте записывают курс по компасу и его поправку. Рулевому курс задается с округлением в $0,5^\circ$. В начале каждого часа, а также при изменении курса и скорости на путевой карте отмечают счисляемое место судна, т. е. место, рассчитанное по курсу и плаванию. Для контроля за перемещением судна, кроме того, определяют его места навигационными, радионавигационными и астрономическими методами. Полученные при этом обсервованные точки также наносят на карту. Рядом со счислимыми и обсервованными точками в виде дроби записывают время с точностью до 1 мин и отсчет лага с точностью до 0,1 мили. При получении обсервованного места дальнейшую прокладку ведут от полученной точки, показывая на карте величину и направление отклонения судна от счи-

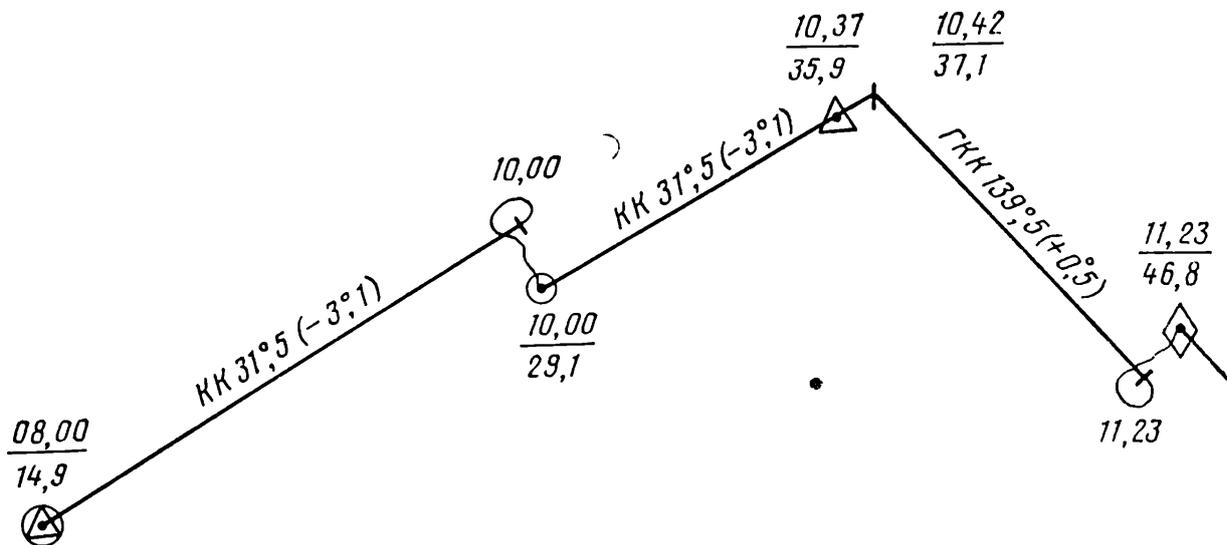


Рис. 40. Обозначения на карте при навигационной прокладке

сления. Несовпадение обсервованной и счислимой точек называют невязкой.

Ведение прокладки заканчивается в момент входа на акваторию порта или к моменту постановки судна на якорь.

При ведении прокладки все условные обозначения и сокращения должны применяться в соответствии с Наставлением по организации штурманской службы на судах морского флота. На рис. 40 показан образец оформления прокладки при плавании без дрейфа и течения.

§ 36. РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ ПРОКЛАДКЕ

Нанести счислимое место судна на карту. Для учета перемещения судна на карте прокладываем линию его *ИК*. Положение судна на линии курса находят по показаниям судового лага.

Предположим, что в какой-то момент времени T_1 судно находилось в точке *A*, отсчет лага $ол_1$ для этого момента известен (рис. 41). По прошествии некоторого времени был совершен поворот. В момент поворота были замечены время по судовым часам T_2 и отсчет лага $ол_2$. Требуется нанести на карту счислимую точку поворота *B*. Для этого рассчитывают разность отсчетов лага $рол$, которую исправляют поправкой лага или коэффициентом лага. В результате получим пройденное по лагу расстояние $S_л$.

Поправку лага учитываем по формулам (27) и (28) или с помощью приложения 4 МТ—75.

Отложив по линии *ИК* от точки *A* вычисленное плавание $S_л$, получаем искомую счислимую точку поворота.

Определить невязку при получении обсервованного места. Если поправки компаса и лага известны неточно или допущена ошибка при учете дрейфа и течения, действительное место судна может не совпадать со счислимым.

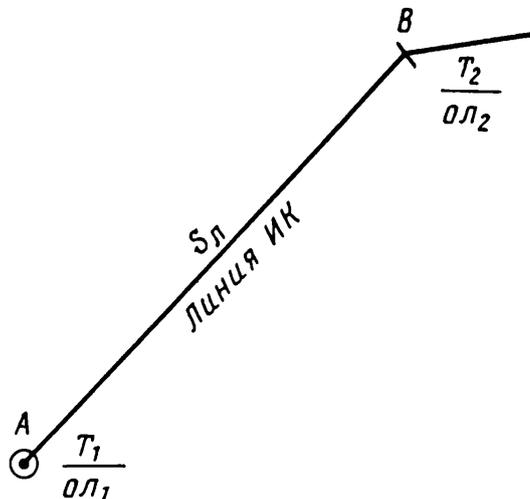


Рис. 41. Расчет счислимого места при прокладке

Для уточнения своего местоположения судоводитель стремится получить обсервованную точку. Величину и направление невязки между счислимым и обсервованным местом необходимо рассчитывать при каждой обсервации, так как анализ вызвавших ее причин дает возможность установить, какие именно ошибки могли быть допущены в принятых в учет элементах счисления.

Для нахождения невязки наносят счислимое место на момент получения обсервации. Расчет счислимого места делают методом, указанным в предыдущей задаче.

Счислимое место соединяют с обсервованным затухающей кривой. Сняв направление от счислимого места к обсервованному и измерив расстояние между этими точками, записывают невязку в судовой журнал.

Если полученное обсервованное место признано надежным, то дальнейшее счисление ведется от этой точки.

Рассчитать судовое время и $ол$ на момент прихода в заданную точку. Чтобы определить момент, когда судно окажется в какой-либо заранее намеченной точке (место поворота, траверз маяка, момент открытия или скрытия предмета и т. д.), рассчитывают заблаговременно судовое время T и показания счетчика лага $ол$, которые должны быть при приходе в указанное место. Для этого снимают с карты расстояние $S_{л}$ от известной счислимой или обсервованной точки A до заданной точки B (см. рис. 41). Зная скорость судна по лагу $V_{л}$, определяют промежуток времени ΔT , необходимый для перехода между этими точками.

$$\Delta T = \frac{60S_{л}}{V_{л}} .$$

Расчет ΔT можно выполнить также по приложению 3 МТ—75 «Время по расстоянию и скорости».

Время прихода в заданную точку B составит

$$T_2 = T_1 + \Delta T .$$

Для нахождения $ол_2$ в точке B представим себе сначала, что $\Delta л = 0\%$. В этом случае $ол_2$ будет равен сумме $ол_1$ в точке A и снятого расстояния $S_{л}$ между точками. Однако если $\Delta л \neq 0\%$, то $рол$ за время перехода от точки A до точки B не будет равна расстоянию $S_{л}$, снятому с карты. Поэтому следует вычислить

$рол$ по известным $S_{л}$ и $k_{л}$:

$$рол = \frac{S_{л}}{k_{л}} .$$

Теперь $ол_2 = ол_1 + рол$.

Найти $рол$ по известным $S_{л}$ и $\Delta л$ можно также по приложению 4 МТ-75 «Пройденное по лагу расстояние», пользуясь «обратным входом». Войдя в столбец с заданной величиной $\Delta л$, спускаются по нему до тех пор, пока не найдут цифру, ближайшую к $S_{л}$. Затем по найденной строке идут влево до столбца, обозначенного $(ол_2 - ол_1)$. Произведя несложную интерполяцию, получают в этом столбце искомую разность отсчетов лага.

Найти траверз ориентира и рассчитать $КП$, время $ол$ в момент траверза. Момент прихода на траверз ориентира можно определить по заранее вычисленному компасному пеленгу, а также по

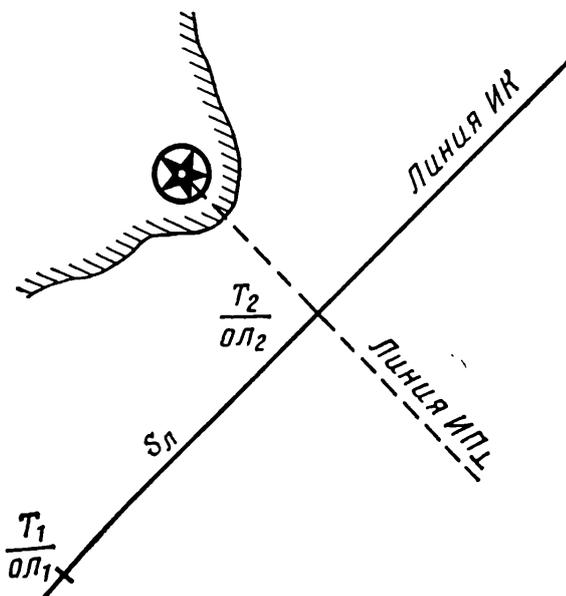


Рис. 42. Нахождение траверза ориентира при прокладке

времени или отсчету лага. Нахождение точки траверза на карте сводится к прокладке линии истинного пеленга траверза, направление которой перпендикулярно к линии $ИК$. При этом можно пользоваться формулами (8).

Проложив линию найденного $ИП_{\perp}$ или $ОИП_{\perp}$, получают в пересечении ее с линией $ИК$ искомую точку траверза (рис. 42.).

Расчет $КП_{\perp}$ ($ОКП_{\perp}$) ориентира производят путем перевода пеленга:

$$КП_{\perp} = ИП_{\perp} - \Delta К, \quad ОКП_{\perp} = ОИП_{\perp} - \Delta К.$$

Для определения момента прихода судна на траверз устанавливают пеленгатор так, чтобы под призмой глазной мишени оказался отсчет картушки, равный рассчитанному $КП_{\perp}$ или $ОКП_{\perp}$ и ждут, когда предмет окажется в визирной плоскости пеленгатора. Расчет T и $ол$ прихода на траверз делают по правилам, изложенным в предыдущей задаче

§ 37. ЦИРКУЛЯЦИЯ СУДНА И ЕЕ УЧЕТ

Циркуляцией называется криволинейная траектория, описываемая центром тяжести судна, движущегося при выведенном из прямого положения руле (рис. 43).

Расстояние между линиями курсов до начала поворота и после поворота на 180° называется тактическим диаметром циркуляции $D_{ц}$. Так как судно обычно совершает повороты на угол, не превышающий 180° , то для расчетов в судовождении используется именно величина $D_{ц}$, которую определяют на испытаниях для положений руля через каждые 10° в грузу и в балласте на малом, среднем и полном ходу. Одновременно определяется время циркуляции на 180° ($T_{180^{\circ}}$), называемое также полупериодом циркуляции.

Наиболее простым является метод определения $D_{ц}$ и $T_{180^{\circ}}$ по бую с помощью радиолокационной станции (РЛС). Для этого в момент нахождения на траверзе бую переключают руль на за-

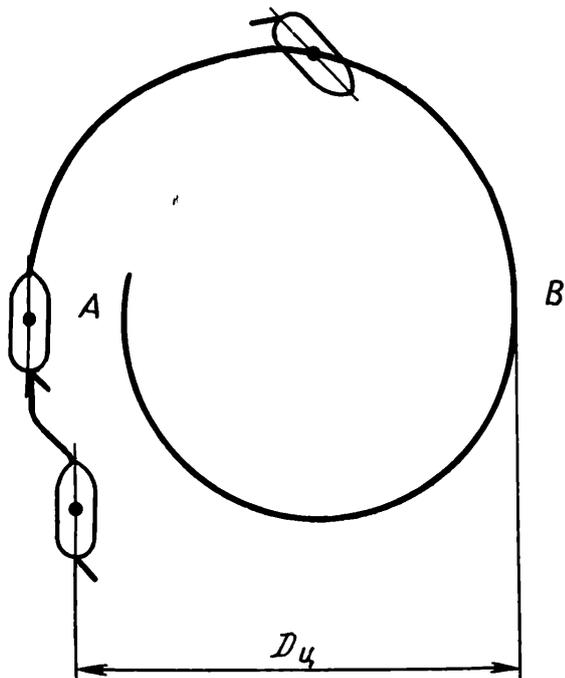


Рис. 43. Кривая циркуляции судна

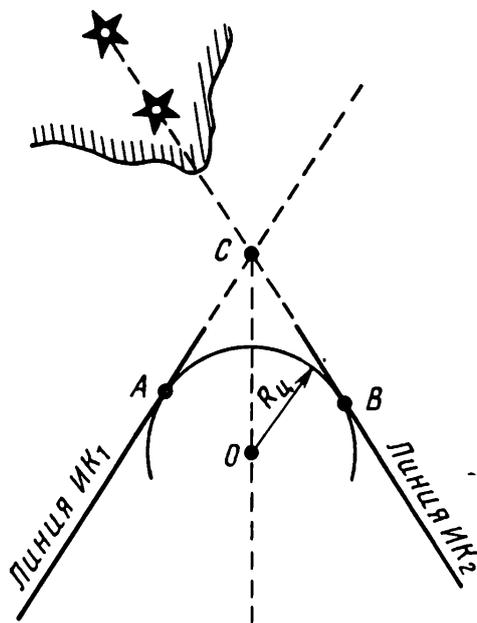


Рис. 44. Определение точки начала поворота при учете циркуляции

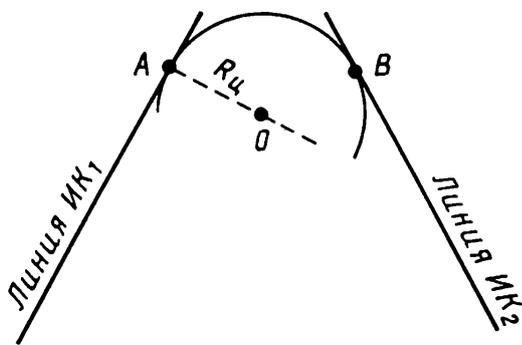


Рис. 45. Определение точки окончания поворота при учете циркуляции

данный угол, включают секундомер и измеряют на экране РЛС расстояние до буя. После поворота судна на 180° останавливают секундомер и вновь измеряют расстояние до буя. Разность расстояний будет равна $D_{ц}$, а показания секундомера — T_{180° . В районе, где проводятся испытания, не должно быть течений.

При плавании в открытом море циркуляция не принимается в расчет. Новый курс, на который судно легло после поворота, прокладывается на карте непосредственно от счислимой точки начала поворота. Однако при плавании в стесненных водах, где подводные препятствия располагаются вблизи линии пути, судоводитель должен учитывать, что при изменении курса судно, прежде чем оно придет на новый курс, опишет кривую циркуляции. Учет циркуляции ведется на картах масштаба $1 : 100\,000$ и крупнее.

На практике при учете циркуляции возникают две задачи, которые наиболее просто можно решить графическим методом.

1. Найти точку начала поворота, если линия курса, на которую нужно выйти после поворота, задана.

На рис. 44 линия $ИК_1$ соответствует курсу судна до начала поворота, а $ИК_2$ — проложенная на карте линия нового курса. Этой линией может быть фарватер или створ. Для определения точки начала поворота продолжают линии $ИК_1$ и $ИК_2$ до их пересечения (точка C). Из точки C на глаз проводят биссектрису угла, образованного линиями курсов. Используя циркуль-измеритель, находят на биссектрисе такую точку O , из которой окружность с радиусом циркуляции $R_{ц} = 0,5 D_{ц}$ касалась бы линий обоих курсов. Точки касания A и B будут соответственно точками начала и конца поворота.

2. Найти точку окончания поворота на заданный курс, если точка начала поворота известна.

В рассматриваемом случае необходимо найти положение точки B , из которой следует проложить новый курс $ИК_2$. Из известной точки начала поворота A прокладывают линию, перпендикулярную линии $ИК_1$ (рис. 45). Раствором циркуля-измерителя по этой линии откладывают отрезок $R_{ц} = 0,5 D_{ц}$ и из полученной точки O , не меняя раствора циркуля, проводят окружность. С помощью параллельной линейки под углом $ИК_2$ проводят касательную к дуге окружности. Точка касания B будет точкой окончания поворота на заданный курс. Время поворота на новый курс можно приближенно получить по формуле

Время поворота на заданный курс, если точка начала поворота известна.

В рассматриваемом случае необходимо найти положение точки B , из которой следует проложить новый курс $ИК_2$. Из известной точки начала поворота A прокладывают линию, перпендикулярную линии $ИК_1$ (рис. 45). Раствором циркуля-измерителя по этой линии откладывают отрезок $R_{ц} = 0,5 D_{ц}$ и из полученной точки O , не меняя раствора циркуля, проводят окружность. С помощью параллельной линейки под углом $ИК_2$ проводят касательную к дуге окружности. Точка касания B будет точкой окончания поворота на заданный курс. Время поворота на новый курс можно приближенно получить по формуле

Время поворота на заданный курс, если точка начала поворота известна.

В рассматриваемом случае необходимо найти положение точки B , из которой следует проложить новый курс $ИК_2$. Из известной точки начала поворота A прокладывают линию, перпендикулярную линии $ИК_1$ (рис. 45). Раствором циркуля-измерителя по этой линии откладывают отрезок $R_{ц} = 0,5 D_{ц}$ и из полученной точки O , не меняя раствора циркуля, проводят окружность. С помощью параллельной линейки под углом $ИК_2$ проводят касательную к дуге окружности. Точка касания B будет точкой окончания поворота на заданный курс. Время поворота на новый курс можно приближенно получить по формуле

Время поворота на заданный курс, если точка начала поворота известна.

В рассматриваемом случае необходимо найти положение точки B , из которой следует проложить новый курс $ИК_2$. Из известной точки начала поворота A прокладывают линию, перпендикулярную линии $ИК_1$ (рис. 45). Раствором циркуля-измерителя по этой линии откладывают отрезок $R_{ц} = 0,5 D_{ц}$ и из полученной точки O , не меняя раствора циркуля, проводят окружность. С помощью параллельной линейки под углом $ИК_2$ проводят касательную к дуге окружности. Точка касания B будет точкой окончания поворота на заданный курс. Время поворота на новый курс можно приближенно получить по формуле

Время поворота на заданный курс, если точка начала поворота известна.

В рассматриваемом случае необходимо найти положение точки B , из которой следует проложить новый курс $ИК_2$. Из известной точки начала поворота A прокладывают линию, перпендикулярную линии $ИК_1$ (рис. 45). Раствором циркуля-измерителя по этой линии откладывают отрезок $R_{ц} = 0,5 D_{ц}$ и из полученной точки O , не меняя раствора циркуля, проводят окружность. С помощью параллельной линейки под углом $ИК_2$ проводят касательную к дуге окружности. Точка касания B будет точкой окончания поворота на заданный курс. Время поворота на новый курс можно приближенно получить по формуле

Время поворота на заданный курс, если точка начала поворота известна.

$$t = \frac{\alpha}{180^\circ} T_{180^\circ}, \quad (31)$$

где α — угол поворота, град.

§ 38. ДРЕЙФ СУДНА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ДРЕЙФА

В навигации дрейфом называют снос судна с линии курса под совместным действием ветра и вызванного им волнения. При дрейфе судно перемещается относительно воды под совместным действием судовых машин и ветра. Линия его фактического перемещения, называемая линией пути судна при дрейфе, не совпадает с диаметральной плоскостью судна. На рис. 46 линия OA соответствует направлению диаметральной плоскости судна, т. е. линии $ИК$.

Судно, сносимое под ветер, фактически перемещается по линии пути при дрейфе OB . Положение линии пути относительно истинного меридиана определяется углом $N_{и} OB$, называемым путевым углом при дрейфе $ПУ_{\alpha}$.

Угол α , заключенный между линией истинного курса судна OA и линией пути OB , называется углом дрейфа. При смещении линии пути вправо от диаметральной плоскости судна (ветер дует в левый борт) α приписывают знак (+), а при смещении влево (ветер дует в правый борт) — знак (—). Правило знаков определяется тем, что при дрейфе левого галса (л/г) $ПУ_{\alpha} > ИК$ на величину угла дрейфа, а при дрейфе правого галса (п/г) $ПУ_{\alpha} < ИК$ на величину этого угла.

Из рис. 46 можно установить зависимость между $ПУ_{\alpha}$, $ИК$ и углом дрейфа α :

$$\left. \begin{aligned} ПУ_{\alpha} &= ИК + (\pm \alpha) \\ ИК &= ПУ_{\alpha} - (\pm \alpha) \\ \alpha &= ПУ_{\alpha} - ИК \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

Определение угла дрейфа. Величина угла дрейфа зависит от ряда причин и может колебаться от нескольких градусов у судов с механическим двигателем до нескольких румбов у парусных судов. При одной и той же силе ветра дрейф оказывается больше при галфинде и бейдевинде и меньше при бакштаге. Угол дрейфа больше у судов, имеющих значительную парусность и малую осадку. Острые обводы корпуса позволяют уменьшить дрейф.

При ведении счисления дрейф судна должен учитываться, для чего необходимо знать величину угла дрейфа.

Наиболее надежно угол дрейфа может быть определен путем сравнения действительного пути

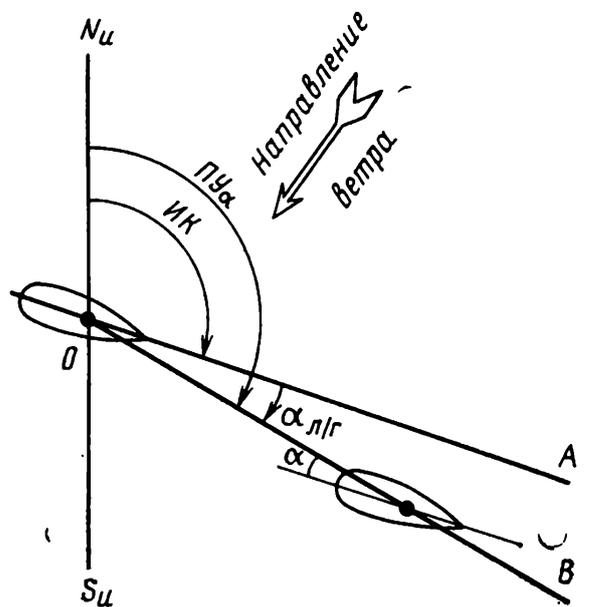


Рис. 46. Дрейф судна

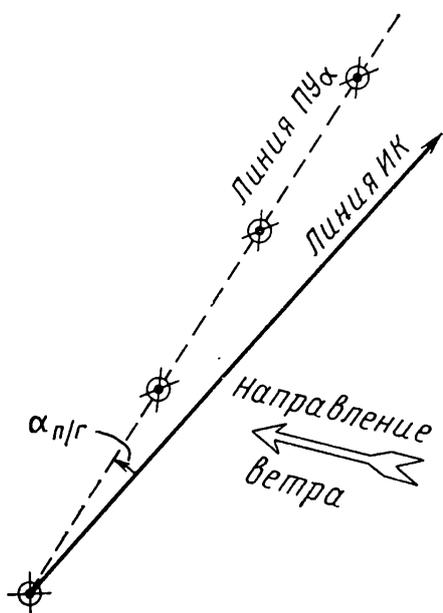


Рис. 47. Определение угла дрейфа

судна, полученного по наблюдениям, с истинным курсом. При следовании в виду берегов проводят ряд навигационных наблюдений. Соединив обсервованные точки, получают линию действительного перемещения судна, т. е. линию пути при дрейфе (рис. 47). Угол между линией пути и проложенной на карте линией ИК соответствует углу дрейфа. Найденный угол дрейфа с его знаком учитывается при дальнейшем счислении.

Если в районе плавания имеется течение, то полученный угол сноса будет являться результатом воздействия на судно не только ветра, но и течения.

Угол дрейфа может быть получен также путем *пеленгования свободного плавающего предмета*. Для этого с кормы судна сбрасывают вешку. По мере удаления судна от вешки берут серию ее

пеленгов. Среднее значение из этих пеленгов, исправленное поправкой компаса, равно обратному направлению фактического перемещения судна. Следовательно.

$$ПУ_{\alpha} = (КП_{ср} + \Delta К) \pm 180^{\circ}. \quad (33)$$

Теперь

$$\alpha = ПУ_{\alpha} - ИК.$$

Так как направление кильватерной струи совпадает с линией действительного перемещения судна, то иногда применяют приближенный способ определения угла дрейфа путем *измерения угла между кильватерной струей и диаметральной плоскостью судна*. Для этого ставят визирную плоскость пеленгатора на глаз параллельно кильватерной струе. Отклонение визирной плоскости от диаметральной плоскости судна укажет величину угла дрейфа.

Применяются и другие способы определения угла дрейфа.

Опытные судоводители, хорошо знающие особенности своего судна, иногда определяют угол дрейфа на глаз. При этом учитываются скорость судна, сила и направление ветра и состояние моря. Определенный таким путем угол дрейфа принимают к учету при прокладке. Если, однако, появляется возможность проверить принятый угол дрейфа более точным методом (например, по наблюдениям), то этим необходимо воспользоваться.

§ 39. ВЕДЕНИЕ ПРОКЛАДКИ ПРИ ДРЕЙФЕ

Если судно испытывает дрейф, то при ведении прокладки на карту наносят линию пути судна при дрейфе. Над ней надписывается *КК*, поправка компаса и принятый к учету угол дрейфа α со своим знаком. По линии пути откладывают пройденные по ла-

гу расстояния $S_{\text{д}}$. Считается, что при $\alpha < 8 \div 10^\circ$ все системы лагов учитывают дрейф, т. е. учитывают ту дополнительную скорость, которую ветер сообщает судну. Поэтому плавание судна по лагу рассчитывается как обычно, по формуле (27) или (28).

Если судоводитель не уверен в точности принятого угла дрейфа, то для контроля безопасности плавания, кроме линии пути, при дрейфе на карту рекомендуется наносить линию $ИК$. Обе эти линии должны проходить чисто относительно подводных препятствий. Счисление ведется только по линии пути, по которой и происходит перемещение судна. При ведении прокладки с учетом дрейфа возникают две задачи: прямая и обратная.

Прямая задача заключается в расчете $ПУ$ по известному $КК$ судна. Она возникает в том случае, когда выбор пути почему-либо не зависит от судоводителя. Для ведения счисления замечают курс по компасу, от которого делают переход к путевому углу при дрейфе. Линию пути при дрейфе прокладывают на карте. Решение производят алгебраическим путем с последующим графическим контролем. При этом используют соотношения:

$$\Delta МК = d + \delta;$$

$$ИК = КК + \Delta МК \text{ или } ИК = ГКК + \Delta ГК;$$

$$ПУ_{\alpha} = ИК + (\pm \alpha).$$

Пример 23. $КК = 158^\circ,0$; $d = 9^\circ,0W$; $\delta = 0^\circ,70^{st}$; $\alpha_{п/г} = 5^\circ,0$. Определить $ПУ_{\alpha}$.

<i>Решение.</i>	+	$КК = 158^\circ,0$	+	$\delta = +0^\circ,7$
		$\Delta МК = -8,3$			$d = -9,0$
		$ИК = 149^\circ,7$			$\Delta МК = -8^\circ,3$
		+			
		$\alpha = -5,0$			
		$ПУ_{\alpha} = 144^\circ,7$			

Для контроля правильности решения проводим истинный меридиан $N_{и} — S_{и}$ (рис. 48). Зная $\Delta МК$, наносим компасный меридиан $N_{к} — S_{к}$. Так как поправка компаса восточная, то $N_{к}$ отклонен от $N_{и}$ влево, т. е. к W . Под углом 158° к компасному меридиану проводим диаметрально плоскость судна, показываем $КК$ и $ИК$. Как и при алгебраическом решении, $ИК$ меньше $КК$. Стрелкой указываем направление ветра, который дует в правый борт. Под углом 5° к диаметральной плоскости проводим линию пути при дрейфе. При этом учитываем, что судно всегда сносится под ветер. Убеждаемся, что $ПУ_{\alpha}$ меньше $ИК$ на величину α , что свидетельствует о правильности расчетов.

Обратная задача заключается в расчете $КК$ по известному $ПУ_{\alpha}$. Судоводителю заранее назначается точка, в которую должно выйти судно. Проложив на карте линию пути до назначенной точки, снимают с карты ее направление $ПУ_{\alpha}$, который переводят в курс по магнитному или гирокопическому компасу. При алгебраическом решении задачи пользуются соотношениями:

$$ИК = ПУ_{\alpha} - (\pm \alpha);$$

$$МК = ИК - d;$$

$$КК = МК - \delta.$$

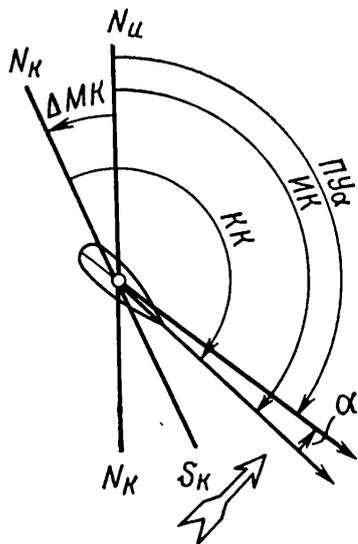


Рис. 48. Исправление курса при дрейфе

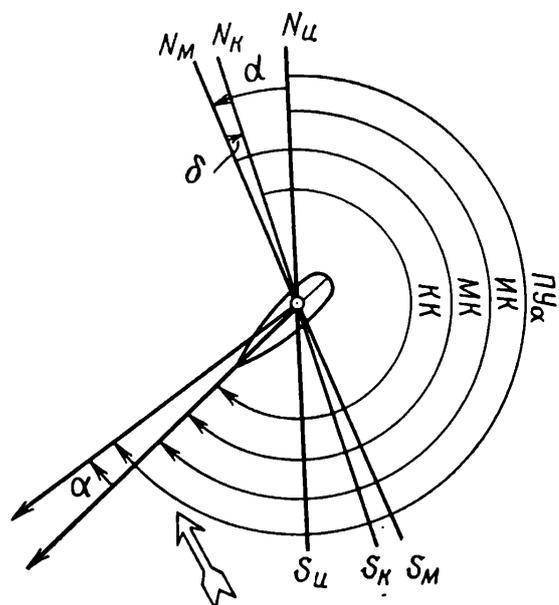


Рис. 49. Перевод курса при дрейфе

Для гироскопического компаса ИК переводят в ГКК по формуле

$$ГКК = ИК - \Delta ГК.$$

Правильность решения проверяют при помощи чертежа.

Пример 24. $ПУ_{\alpha} = 228^{\circ},0$; $\alpha_{л/г} = 5^{\circ},0$; $d = 15^{\circ},0W$; δ из табл. 1. Определить КК.

Решение.

$ПУ_{\alpha} = 228^{\circ},0$	
$\underline{\quad\quad\quad} \alpha = + 5,0$	
$ИК = 223^{\circ},0$	
$\underline{\quad\quad\quad} d = -15,0$	
$МК = 238^{\circ},0$
$\underline{\quad\quad\quad} \delta = + 2,9$	$+ \delta = + 2^{\circ},9$
$КК = 235^{\circ},1$	$\underline{\quad\quad\quad} d = - 15,0$
	$\Delta МК = - 12^{\circ},1$

(δ из табл. 1 на $МК = 2^{\circ}$)

Для контроля правильности решения проводим линию истинного меридиана $N_{и} - S_{и}$ (рис. 49). Под углом 228° к меридиану изображаем направление линии пути при дрейфе; показываем направление ветра. Под углом α к линии пути проводим линию ИК. При этом нужно помнить, что диаметральной плоскость судна должна быть отклонена от линии пути «на ветер». Убеждаемся, что ИК меньше $ПУ_{\alpha}$, как и при алгебраическом решении. Проводим линию магнитного меридиана в соответствии со знаком и величиной склонения. Убеждаемся, что МК больше ИК.

Зная величину и знак девиации, находим положение $N_{к}$ и показываем КК. Последний оказывается меньше МК, что также свидетельствует о том, что алгебраическое решение верно.

При решении других графических задач, возникающих при прокладке, как правило, пользуются приемами, изложенными в § 36. Следует учитывать, что при нанесении на карту места судна в момент траверза ориентира необходимо рассчитывать ИП или

ОИП траверза по формулам (8), так как диаметральной плоскость судна при дрейфе остается параллельной линии ИК. Точку траверза берут на пересечении линии пеленга с линией пути при дрейфе.

§ 40. МОРСКИЕ ТЕЧЕНИЯ. ДЕЙСТВИЕ ТЕЧЕНИЯ НА СУДНО

Морскими течениями называют горизонтальные перемещения больших масс воды. Течение характеризуется его элементами: направлением и скоростью. *Направление течения* K_T указывается в градусах по круговому счету или в румбах и задается по той точке горизонта, к которой течение направлено. *Скорость течения* V_T измеряется в узлах, а небольшие его скорости — в милях в сутки.

По характеру течения классифицируются на *постоянные*, элементы которых из года в год почти не изменяются, *периодические*, элементы которых меняются по определенному закону, и *временные* (случайные), элементы которых могут резко меняться. (Причины возникновения течений и их классификация изучаются в курсе океанографии.)

На практике судоводителю чаще всего приходится иметь дело с постоянными и периодическими (приливо-отливными) течениями. Сведения об элементах постоянных и приливо-отливных течений помещают в лоциях, атласах течений и на картах. Элементы постоянных и временных течений могут быть определены на судне также из наблюдений навигационным способом. Имея на карте надежную обсервованную точку А, прокладывают из нее линию ИК (рис. 50). В течение 1—1,5 ч получают несколько обсерваций. Убедившись, что судно сносится с линии ИК течением, соединяют отрезком прямой ВС счислимую и обсервованную точки, соответствующие моменту последнего определения места судна.

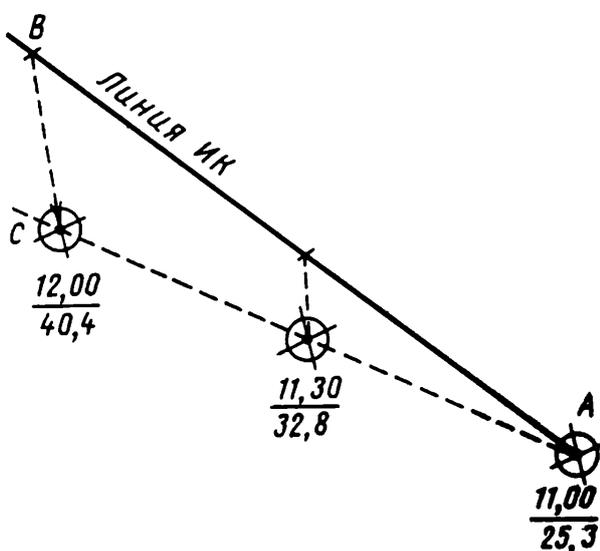


Рис. 50. Определение элементов течения

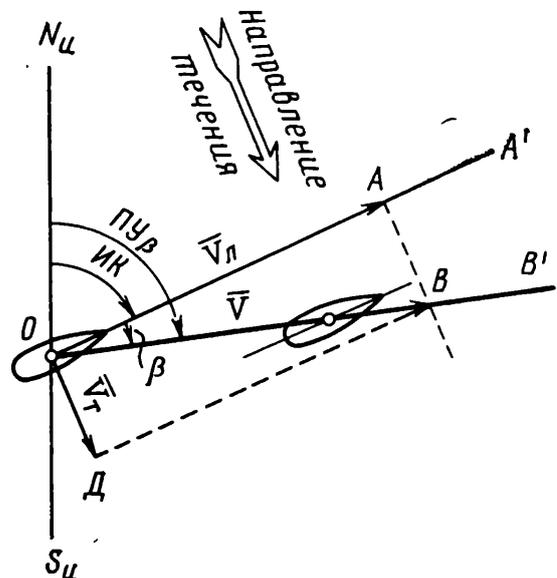


Рис. 51. Плавание на течении

Направление отрезка BC в сторону обсервованной точки укажет направление течения, а его величина в милях, поделенная на время плавания в часах и долях часа от точки A до точки B — скорость в узлах.

На картах и в руководствах для плавания указываются средние значения элементов течений, они могут значительно отличаться от действительных.

Перемещение судна относительно грунта при плавании на течении определяется следующими факторами (рис. 51). Под действием судовых машин судно перемещается относительно воды по направлению его диаметральной плоскости, т. е. линии истинного курса OA . Скорость судна относительно воды является скоростью $V_{л}$, показываемой лагом. Одновременно, вместе со всей массой воды, судно сносится относительно грунта по направлению течения OD со скоростью течения $V_{т}$. В результате, относительно грунта судно перемещается по равнодействующей OB со скоростью, называемой *истинной скоростью судна* V . При этом диаметральной плоскостью судна остается параллельной линии IK . Линия OB , по которой перемещается судно под совместным действием судовых машин и течения, называется *линией пути судна на течении*.

Положение линии пути относительно истинного меридиана определяется углом $N_{п}$ OB , который называется *путевым углом на течении* $ПУ_{\beta}$.

Угол β , заключенный между линией истинного курса судна OA и линией пути OB называется *углом сноса* течением. При сносе судна вправо от его диаметральной плоскости (течение направлено в левый борт) β приписывают знак «+», а при сносе влево (течение направлено в правый борт) — знак «-».

Из рис. 51 можно установить зависимость между $ПУ_{\beta}$, $ИК$ и β :

$$\left. \begin{aligned} ПУ_{\beta} &= ИК + (\pm \beta) \\ ИК &= ПУ_{\beta} - (\pm \beta) \\ \beta &= ПУ_{\beta} - ИК \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

§ 41. ВЕДЕНИЕ ПРОКЛАДКИ ПРИ ПЛАВАНИИ НА ТЕЧЕНИИ

При плавании на течении на карту наносят линию пути судна, по которой оно фактически перемещается относительно грунта. Над линией пути надписывают KK , поправку компаса и угол сноса β со своим знаком. Для вспомогательных расчетов тонкой линией наносят также линию IK , по которой откладываются расстояния $S_{л}$, проходимые судном относительно воды по показаниям лага. Точки, полученные на линии IK , переносят по направлению течения на линию пути. У счислимых точек на линии пути делают отметку времени и отсчета лага, а у соответствующих точек на линии курса — только отсчет лага. Точки траверза, откры-

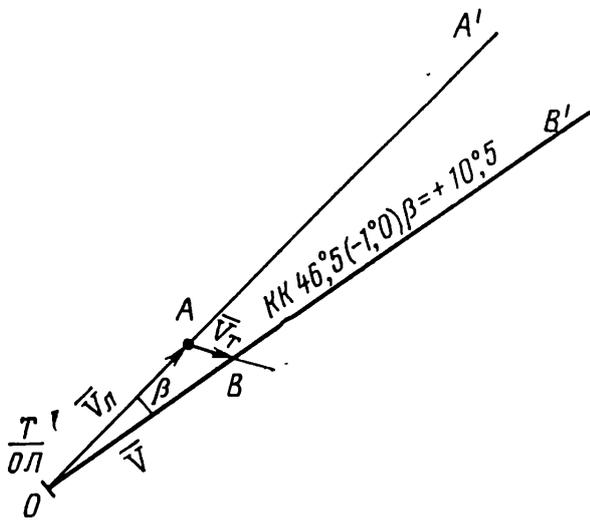


Рис. 52. Путь судна при плавании на течении

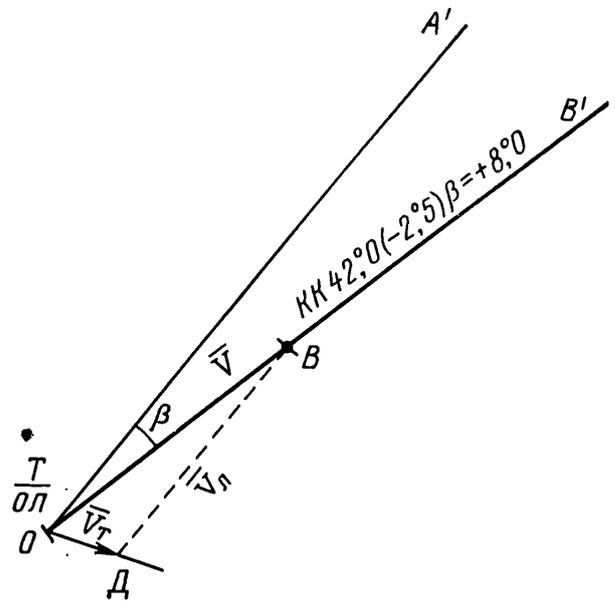


Рис. 53. ИК судна при плавании на течении

тия и скрытия ориентиров наносят на линию пути. В зависимости от того, задается ли судоводитель курсом по компасу или же на карте заранее прокладывается линия пути до назначенной точки, при прокладке решается прямая или обратная задача.

Прямая задача при плавании на течении заключается в нахождении $ПУ_{\beta}$, истинной скорости V и угла сноса β по известным KK , скорости по лагу V_L и элементам течения. Задачу решают путем построения на карте навигационного треугольника (рис. 52). Для этого заданный KK предварительно исправляют в $ИК$ по формулам:

$$\Delta MK = d + \delta;$$

$$ИК = KK + \Delta MK \text{ или } ИК = ГKK + \Delta GK.$$

От начальной точки O прокладывают линию $ИК$, по которой в выбранном масштабе (обычно за 1 ч плавания) откладывают вектор скорости судна по лагу \overline{V}_L . Из конца вектора \overline{V}_L (точка A) в том же масштабе откладывают вектор скорости течения \overline{V}_T . Соединив точку O с концом вектора \overline{V}_T (точка B), получают линию пути судна на течении. Значение $ПУ_{\beta}$ снимают с карты транспортиром. Величина отрезка OB представит собой истинную скорость судна V в том же масштабе, что V_L и V_T . По формуле $\beta = ПУ - ИК$ определяют угол сноса со своим знаком.

Обратная задача заключается в нахождении KK , V и β по известным $ПУ_{\beta}$, V_L и элементам течения. Как и при решении прямой задачи, применяется построение на карте навигационного треугольника (рис. 53). От начальной точки O прокладывают линию пути судна OB' и направление течения OD . По направлению течения откладывают вектор течения \overline{V}_T (обычно за 1 ч). Из конца вектора \overline{V}_T (точка D) раствором циркуля, равным V_L , делают засечку на линии пути (точка B). Направление DB переносят с помощью параллельной линейки в начальную точку O . Получен-

Если $\Delta l = 0$, то $ол_2$ в точке B будет равен сумме $ол_1$ в точке O и снятого расстояния $S_{л.}$. Если $\Delta l \neq 0$, необходимо сначала вычислить $рол$ по известным $S_{л.}$ и $k_{л.}$. Теперь $ол_2 = ол_1 + рол$.

Найти траверз ориентира и рассчитать КП, время и ол в момент траверза. Для получения места судна на траверзе ориентира рассчитывают его $ИП_{\perp}$ или $ОИП_{\perp}$ по формулам (8).

Пеленг прокладывают от ориентира до пересечения с линией пути (см. рис. 55). Полученная точка B является местом судна на траверзе.

Расчет $КП$ или $ОКП$ ориентира в момент его траверза производят по формулам:

$$КП_{\perp} = ИП_{\perp} - \Delta K; \quad ОКП_{\perp} = ОИП_{\perp} - \Delta K.$$

Время и $ол$ предвычисляют по правилам, изложенным в предыдущей задаче.

При любом изменении элементов течения, пути или $КК$ судна, а также его скорости на карте необходимо построить новый треугольник течения. При попутном или встречном течении треугольник превращается в прямую линию. Истинная скорость судна V в этом случае равна алгебраической сумме скорости судна по лагу и скорости течения. Плавание судна может быть получено как произведение истинной скорости на время перехода.

§ 42. ВЕДЕНИЕ ПРОКЛАДКИ ПРИ ПЛАВАНИИ НА ПРИЛИВО-ОТЛИВНОМ ТЕЧЕНИИ

Элементы приливо-отливных течений выбирают из атласов течений или с навигационных карт. Так как скорость и направление таких течений непрерывно меняются, то при прокладке приходится каждый час строить новый треугольник течения. В расчет принимают средние за этот час направление и скорость течения, выбранные для района плавания на середину данного часа.

В зависимости от условий плавания применяют два метода прокладки. Если по курсу судна имеются навигационные опасности, то из исходной точки O прокладывают линию пути, по которой должно быть обеспечено движение (см. рис. 53). Отложив от начальной точки вектор средней скорости течения \overline{V}_T на предстоящий час, делают на линии пути засечку радиусом, равным $\overline{V}_л$, и находят $ИК$ судна (обратная задача). Для каждого следующего часа повторяют все построения. Таким образом, в рассматриваемом случае каждый час изменяют $КК$ судна, что позволяет придерживаться намеченного пути.

Если плавание осуществляется в районе, удаленном от навигационных опасностей, то переход может быть осуществлен постоянным курсом. Из исходной точки O (см. рис. 52) прокладывают линию $ИК$ и по ней скорость судна по лагу $\overline{V}_л$ за 1 ч. Выбранную среднюю скорость течения \overline{V}_T откладывают из конца вектора $\overline{V}_л$ по ее направлению и получают место судна на конец часа (прямая задача). Для следующего часа плавания все расчеты и построения повторяют для новых элементов течения, сохраняя при этом значение $ИК$. В большинстве случаев при плавании на приливо-отливном течении применяют обратную задачу.

§ 43. ВЕДЕНИЕ ПРОКЛАДКИ ПРИ СОВМЕСТНОМ УЧЕТЕ ДРЕЙФА И ТЕЧЕНИЯ

Если плавание судна на течении происходит при сильном ветре, то вызванный им дрейф судна должен учитываться наряду с элементами течения.

Рассмотрим случай, когда судно перемещается относительно грунта под совместным действием судовых машин, ветра и течения.

Для ведения счисления на карте прокладывают линию пути судна при дрейфе и течении и надписывают KK , поправку компаса и суммарный угол сноса $c = \alpha + \beta$.

Для вспомогательных расчетов на карте прокладывается также линия пути при дрейфе, по которой откладывается плавание судна по лагу $S_{\text{д}}$. Каждой точке на линии пути при дрейфе соответствует точка на линии действительного перемещения судна. Эти точки связаны между собой вектором течения. При ведении счисления решаются прямая и обратная задачи.

Прямая задача заключается в нахождении на карте линии пути при дрейфе и течении, истинной скорости V и суммарного угла сноса c по заданным KK , $V_{\text{д}}$, углу дрейфа α и элементам течения. Решение состоит в исправлении KK в $ПУ_{\alpha}$, линию которого прокладывают из начальной точки. По линии пути при дрейфе откладывают вектор $V_{\text{д}}$ и далее строят треугольник течения так, как это указано в § 41.

Обратная задача заключается в нахождении KK , V и c по известным пути при дрейфе и течении, $V_{\text{д}}$, углу дрейфа α и элементам течения. Из начальной точки плавания прокладывают намеченный путь и вектор течения $\overline{V_{\text{т}}}$, из конца которого раствором циркуля, равным $V_{\text{д}}$, на линии пути делают засечку. Построив треугольник течения, переносят вектор $\overline{V_{\text{д}}}$ в начальную точку. Полученное направление принимается за $ПУ_{\alpha}$, который переводят в KK .

Графические задачи, связанные с нанесением счислимого места, предвычислением времени и $ол$ на момент прихода в заданную точку, нахождением траверза ориентира решают так же, как и при плавании на течении, но все вспомогательные построения делают на линии пути при дрейфе, заменяющей линию $ИК$.

§ 44. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СЧИСЛЕНИЯ

Получаемые при прокладке счислимые точки будут соответствовать действительному положению судна лишь при условии, что проложенные на карте линии пути судна и пройденные им расстояния не имеют погрешностей. Для вычисления элементов счисления $ПУ$ и S в общем случае должны быть известны $ИК$, прой-

денное по лагу расстояние $S_{\text{л}}$, угол дрейфа α , направление течения K_{T} и его скорость V_{T} . На практике во всех этих величинах обычно содержатся ошибки.

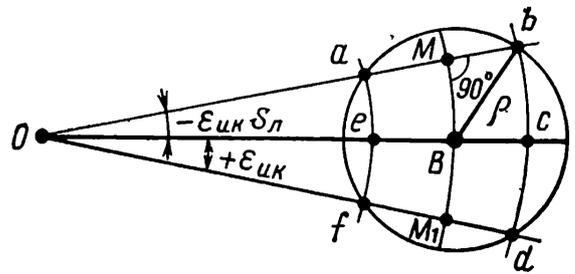


Рис. 56. Оценка точности счисления

Ошибка в $ИК$, значение которой в среднем составляет $\epsilon_{ИК} = \pm 1^\circ$, складывается из ошибки определения ΔK , ошибки за счет рыскания судна и ошибки прокладки курса на карте. Ошибка в $S_{\text{л}}$ в основном определяется погрешностями определения поправки лага. Исследования показывают, что $\Delta \text{л}$ определяется обычно с ошибкой $\epsilon^{\Delta \text{л}} = \pm 1\%$. Средняя ошибка при определении угла дрейфа навигационным способом составляет $\epsilon_{\alpha} = \pm 1 \div 1,5^\circ$, а получаемые из атласов течений и с карт K_{T} и V_{T} могут иметь погрешность соответственно до $\pm 20-30^\circ$ и $\pm 0,5$ уз.

Рассмотрим случай, когда ветра и течения нет и, следовательно, ошибки в счислимом месте судна будут определяться только погрешностями в $ИК$ и $S_{\text{л}}$.

Предположим, что выйдя из точки O (рис. 56), судно совершило плавание по линии $ИК$, пройдя по лагу расстояние $S_{\text{л}}$. Отложив по линии курса это расстояние, примем счислимое место судна в точке B . Однако из-за ошибки в $ИК$ фактический путь судна может располагаться под углом $\pm \epsilon_{ИК}$ к проложенной на карте линии. В результате, в конце плавания действительное место судна может оказаться не в точке B , а в точках M или M_1 , в зависимости от знака ошибки. Величину бокового смещения BM или BM_1 найдем из прямоугольного треугольника OBM или OBM_1 :

$$BM = BM_1 = OB \sin \epsilon_{ИК} = S_{\text{л}} \sin \epsilon_{ИК}.$$

Или, по малости угла $\epsilon_{ИК}$ величина бокового смещения найдется из выражения

$$BM = BM_1 = \frac{S_{\text{л}} \epsilon_{ИК}}{57,3} \approx \frac{S_{\text{л}} \epsilon_{ИК}}{60}.$$

В рассчитанном плавании по лагу $S_{\text{л}}$ также будет иметься ошибка, в результате чего судно в конце перехода окажется не в точке B , а впереди или позади счислимого места (точка e или c). Величину ошибки в пройденном расстоянии из-за ошибки в $\Delta \text{л}$ можно рассчитать по формуле

$$Be = Bc = \frac{S_{\text{л}} \epsilon_{\Delta \text{л}}}{100}.$$

При одновременном действии принятых неучтенных ошибок в $ИК$ и $S_{\text{л}}$ действительное место судна, в зависимости от сочетания знаков ошибок, окажется в одной из точек a, b, f, d четырехугольника. Для простоты вычислений впишем четырехугольник в ок-

ружность, которую назовем окружностью вероятного места судна. Радиус этой окружности ρ можно получить из прямоугольного треугольника $ВМb$;

$$\rho^2 = BM^2 + Mb^2,$$

откуда

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{S_{\text{л}} \epsilon_{\text{ИК}}}{60}\right)^2 + \left(\frac{S_{\text{л}} \epsilon_{\Delta\lambda}}{100}\right)^2}, \text{ или } \rho = \frac{S}{600} \sqrt{100\epsilon_{\text{ИК}}^2 + 36\epsilon_{\Delta\lambda}^2}. \quad (35)$$

Задаваясь вероятными значениями $\epsilon_{\text{ИК}} = \pm 1^\circ$ и $\epsilon_{\Delta\lambda} = \pm 1\%$, рассчитаем возможное отклонение действительного места судна от счислимого (в милях) при плавании $S_{\text{л}} = 100$ миль:

$$\rho = \frac{S}{600} \sqrt{100 + 36} \approx 2,0.$$

Из этого примера можно сделать вывод, что в благоприятных условиях плавания, когда поправки компаса и лага определены с обычной точностью, а дрейф и течение отсутствуют, величина ошибки в счислении составляет около 2% от пройденного расстояния.

При прокладке курсов на карте в том или ином расстоянии от навигационных опасностей необходимо учитывать возможность отклонения судна от линии курса, причем величина отклонения будет возрастать с увеличением пройденного расстояния, в особенности при плавании с дрейфом и течением. Наконец, недостаточная точность счисления вызывает необходимость дополнительного контроля за местонахождением судна, т. е. определения его места не только путем счисления, но и по наблюдениям: навигационным, радионавигационным или астрономическим.

Глава VI

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА В МОРЕ ВИЗУАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

§ 45. НЕОБХОДИМОСТЬ ОБСЕРВАЦИЙ.

ПОНЯТИЕ ОБ ИЗОЛИНИИ И ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ

Безопасность плавания зависит от того, с какой точностью судоводитель знает место своего судна. Учет перемещения судна путем ведения графического счисления не является достаточно точным методом. Для уточнения своего положения судоводитель должен систематически определять место судна по наблюдениям различных ориентиров, положение которых известно. Место, полученное путем обработки результатов таких наблюдений, называется

обсервованным. Частота обсерваций зависит от района и условий плавания. При плавании в удалении от навигационных опасностей, но в видимости берега или в зоне работы радиомаяков, определение места судна следует производить не реже одного раза в час. При плавании в стесненных водах, когда судно вынуждено маневрировать, обсервации следует получать не реже четырех раз в час. Когда плавание происходит в открытом море вдали от берегов или в океане, место судна может уточняться один раз за вахту, если, конечно, для этого есть возможность. Кроме того, место судна должно обязательно определяться, когда оно подходит к берегу, при отрыве от берега, при ухудшении видимости, после поворота на новый курс, а также если необходимо зафиксировать место какого-либо события (сигнала бедствия, полученного от другого судна, обнаружения мины и т. д.).

Если обсервованная точка признается надежной, дальнейшая прокладка ведется от этой точки.

Для определения места судна в море используются различные технические средства. При наблюдениях береговых ориентиров, видимых с судна, используют компас или секстан. Такие наблюдения называют визуальными. При плавании в океане и в открытом море вдали от берегов место судна определяется также радионавигационными и астрономическими методами.

Все величины, которые измеряются с целью определить обсервованное место судна (пеленги, расстояния, горизонтальные и вертикальные углы), называются навигационными параметрами. По измеренным навигационным параметрам рассчитывают и прокладывают на карте изолинии или заменяющие их линии положения.

Навигационной изолинией называется линия равных значений навигационного параметра. В любой точке изолинии сохраняется постоянное значение данного измерения: пеленга, расстояния и т. д. Поэтому, если в результате каких-либо измерений на карте была построена навигационная изолиния, то место судна должно находиться в одной из ее точек. Однако для получения места необходимо нанести на карту, по крайней мере, еще одну изолинию, полученную одновременно с первой и имеющую с ней только одну общую точку. Точка пересечения таких изолиний и будет местом судна.

В зависимости от вида наблюдений изолинии на меркаторской карте изображаются различными геометрическими кривыми. При измерении с судна пеленга ориентира получается изолиния, называемая *изопеленгой*. Изопеленга есть геометрическое место точек, из которых все пеленги на данный ориентир будут одинаковы. На меркаторской карте изопеленга имеет вид кривой, выгнутой в сторону экватора. Однако при визуальных наблюдениях, которые ведутся на небольших расстояниях, кривизна изопеленги настолько незначительна, что ее изображение можно заменить прямой линией, т. е. локсодромическим пеленгом (рис. 57, а).

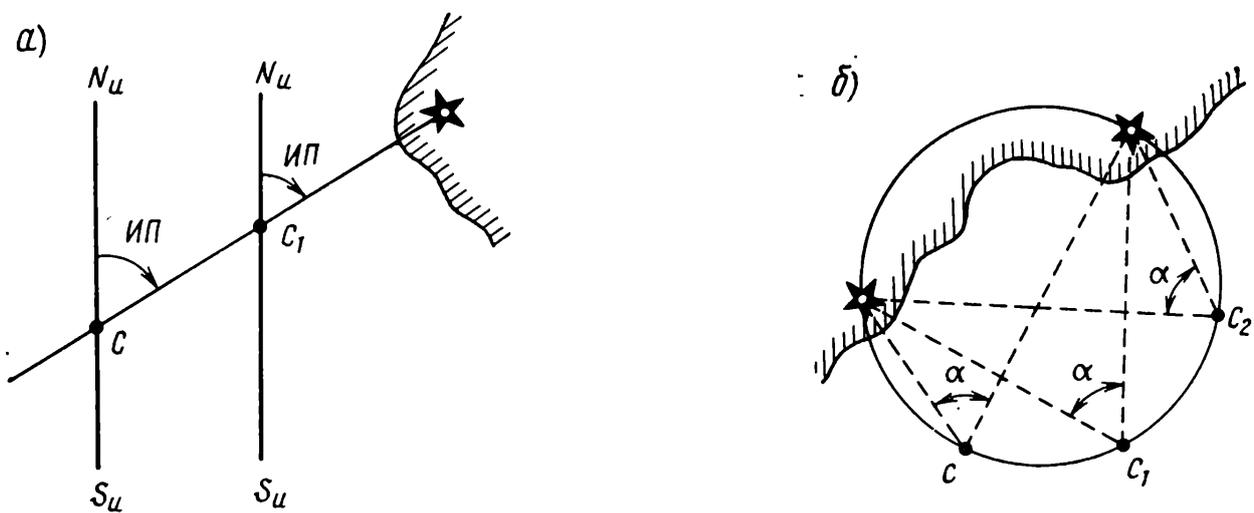


Рис. 57. Изолинии:

a — при визуальном пеленговании; *б* — при измерении горизонтального угла

При измерении с судна горизонтального угла между двумя ориентирами изолиния имеет вид окружности, проходящей через ориентиры и вписывающей измеренный угол α (рис. 57, б). Если до ориентира было измерено расстояние, то изолиния также является окружностью, описанной из места ориентира как из центра радиусом, который равен измеренному расстоянию.

Особый вид имеют изолинии при определении места по секторным радиомаякам, с помощью систем дальней радионавигации и при астрономических наблюдениях.

На практике обычно не возникает необходимости в нанесении на карту изолиний на всем их протяжении. Например, при определении места судна по двум расстояниям, измеренным до двух ориентиров, вместо окружностей наносят в районе счислимого места небольшие отрезки их дуг (засечки). В некоторых случаях изолинии могут иметь сложный вид, что неудобно для построения их на меркаторской карте. Тогда небольшие участки изолиний заменяют отрезками прямых, проведенных обычно касательно к изолинии вблизи счислимого места. Такие отрезки прямых называют линиями положения. Замена изолиний линиями положения несколько снижает точность полученного места, однако при определенных ограничениях возникающие ошибки оказываются несущественными.

При визуальных способах определения места судна для наблюдений могут быть использованы нанесенные на карту, хорошо видимые и опознанные береговые и плавучие маяки, огни, неосвещаемые знаки, башни, церкви, а также различные естественные ориентиры: мысы, вершины гор, скалы и т. д. Не следует использовать для обсерваций буи, вехи и другие знаки плавучего ограждения, так как они могут быть снесены со своих штатных мест.

Порядок работы при любом определении места судна, как правило, можно разделить на три этапа: наблюдения (или измерения), вычисления и прокладка на карте.

§ 46. ОШИБКИ ПРИ НАВИГАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ

При любых измерениях или наблюдениях в результатах неизбежно обнаруживаются ошибки. Под ошибкой понимают разность между полученным a_i и действительным a значениями измеряемой величины, т. е. $\Delta = a_i - a$. В судовождении преимущественными видами наблюдений являются измерения пеленгов, вертикальных и горизонтальных углов и расстояний. От точности, с которой измеряются эти навигационные параметры, зависит точность полученного обсервованного места. Для выявления методов уменьшения ошибок наблюдений следует знать причины их появления и характер действия.

Основными причинами возникновения ошибок любых измерений являются несовершенство органов чувств наблюдателя, несовершенство используемых инструментов и методов наблюдений, а также влияние внешних условий, при которых производятся наблюдения. Все ошибки, возникшие при наблюдениях, делятся по характеру действия на две группы: систематические и случайные.

Систематические ошибки — это ошибки, характер и причины возникновения которых могут быть выяснены и влияние которых на результаты измерений может быть исключено введением поправок или другими специальными приемами. Основными причинами появления систематических ошибок при навигационных наблюдениях являются ошибки в принятых значениях поправок мореходных приборов и инструментов, в частности основного из них — магнитного или гироскопического компаса. Ошибка в поправке целиком входит в исправленные этой поправкой пеленги и курсы. Поэтому для уменьшения или устранения систематических ошибок наблюдений рекомендуется возможно чаще и точнее определять поправку компаса, по возможности на каждой вахте и на каждом новом курсе. Другим приемом исключения систематических ошибок является такая организация и обработка наблюдений, при которой погрешности в инструментах не будут влиять на точность полученного места. Применение такого приема возможно, в частности, при определении места судна по наблюдениям трех ориентиров.

Случайные ошибки — это ошибки, вызываемые совместным действием многообразных и не зависящих друг от друга причин, проявляющих себя по-разному в каждом из наблюдений. По этой причине величины и знаки случайных ошибок в отличие от систематических, могут меняться.

Появление случайных ошибок при навигационных наблюдениях вызывается как несовершенством органов чувств наблюдателя (например, неточным совмещением нити пеленгатора с предметом или неточным снятием отсчетов по компасу), так и влиянием внешних условий. При благоприятных метеорологических условиях случайные ошибки невелики. Однако при качке судна, в результате которой картушка магнитного компаса «ходит», а также при плохой видимости ориентиров, эти ошибки могут достигать при пеленговании $2-3^\circ$.

Случайные ошибки подчиняются некоторым закономерностям, которые проявляются при проведении большой серии равноточных измерений (т. е. выполненных при равных условиях: одним наблюдателем, одним инструментом, одним методом измерений, при одинаковых внешних факторах) какой-либо неизменяющейся величины.

В частности, при большой серии измерений случайные ошибки, равные по абсолютной величине, но противоположные по знаку, встречаются одинаково часто. На основании этого можно заключить, что среднее арифметическое из всех измерений данной величины при большом (теоретически бесконечно большом) числе ее измерений будет стремиться к истинному значению.

Действительно, равные по величине, но противоположные по знаку ошибки при сложении результатов всех измерений будут компенсировать друг друга. На практике число измерений при любых наблюдениях ограничено. Однако среднее арифметическое даже из ограниченного числа измерений оказывается все же гораздо ближе к истинному значению измеряемой величины, чем каждое из отдельных равноточных измерений. Поэтому для получения более точного результата наблюдений рекомендуется производить несколько измерений одной и той же величины с последующим осреднением полученных отсчетов. Кроме

того, для уменьшения случайных ошибок при навигационных наблюдениях следует дополнительно выполнять ряд рекомендаций:

при пеленговании во время качки стараться брать пеленг и замечать отсчеты по картушке в то время, когда котелок компаса находится в горизонтальном положении. Определение момента, когда котелок компаса имеет такое положение, производится у магнитного компаса на глаз, а у гирокомпаса — по уровню;

очень внимательно снимать отсчеты по картушке, сразу же записывать взятые пеленги независимо от их количества;

при ночных наблюдениях регулировать освещение компаса так, чтобы не мешать визированию ориентира и иметь возможность снять отсчет пеленга;

при измерении горизонтальных углов секстаном выбирать хорошо освещенные объекты, за отраженный объект брать тот, который лучше освещен.

Устранить влияние случайных ошибок на результаты наблюдений полностью невозможно, поэтому необходимо знать метод оценки точности сделанных измерений. Поскольку получить абсолютную величину случайной ошибки в каждом из измерений не удастся, для оценки точности отдельного измерения при данных наблюдениях применяют условную величину, называемую средней квадратической ошибкой ϵ . Величина ϵ может быть определена, если провести не менее пяти — семи равноточных измерений какой-либо не изменяющейся в процессе наблюдений величины (например, при стоянке судна в порту измерить ряд пеленгов ориентира). Средняя квадратическая ошибка вычисляется затем по формуле

$$\epsilon = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}},$$

где v_i — разность между каждым отдельным измерением a_i и средним арифметическим из всех измерений a_0 ;

n — число измерений.

Величины ошибок в каждом отдельном наблюдении могут оказаться как больше, так и меньше вычисленного значения ϵ . Однако в теории вероятностей установлено, что при достаточно большом числе равноточных наблюдений в 68,3% сделанных измерений абсолютное значение случайной ошибки не будет превосходить средней квадратической ошибки. Следовательно, если при данных условиях измерений горизонтального угла секстаном получили значение $\epsilon = \pm 2'$, то в 68,3% всех сделанных измерений ошибка не превысит $\pm 2'$. Утроенное значение средней квадратической ошибки принято называть предельной ошибкой $\epsilon_{\text{пред}} = 3\epsilon$. Установлено, что вероятность появления ошибки, большей предельной, составляет всего 0,3%. Поэтому все измерения с ошибками, превышающими предельные, расцениваются как промахи и отбрасываются.

Как уже говорилось, ошибка среднего арифметического E из ряда измерений всегда оказывается меньше, чем ошибка каждого отдельного измерения ϵ . Теоретически доказано, что

$$E = \pm \frac{\epsilon}{\sqrt{n}}.$$

Таким образом, при увеличении числа наблюдений n ошибка среднего арифметического уменьшается.

Для проведения анализа точности навигационных наблюдений необходимо было бы вычислять ϵ при каждом определении места судна, что потребует больших дополнительных затрат времени. Поэтому на практике оценку точности делают на основе предшествующих вычислений ϵ , произведенных при различных условиях плавания (состояние видимости, качка судна и т. д.). Такая оценка точности измерений, даваемая на основе имеющегося у судоводителя опыта, называется априорной.

При нормальных условиях наблюдений значения ϵ при измерении различных навигационных параметров составляют в среднем:

Пеленги по магнитному компасу с учетом ошибок в склонении и девиации

$\pm 0,5 - 1^{\circ},5$

Пеленги по гироскопическому компасу	$\pm 0,5$ — $1^{\circ},0$
« « судовому радиопеленгатору	$\pm 1,0$ — $2^{\circ},0$
« « РЛС	$\pm 1,5$ — $2^{\circ},0$
Углы между наземными ориентирами, измеренные секстаном	$\pm 1,0$ — $2'0$.

Промахи при наблюдениях и вычислениях. К промахам относят грубые ошибки, величины которых заметно превышают ошибки измерений или вычислений, возможные при данных условиях. Они, как правило, возникают из-за допущенной судоводителем невнимательности. Крупный промах обнаруживает себя обычно в конце решения задачи по резкому несоответствию полученного результата с ожидаемым. Мелкие промахи могут быть незаметными, и, что особенно опасно, полученный неверный результат может быть принят за правильный. Чтобы избежать промахов при наблюдениях, следует брать несколько отсчетов измеряемой величины. Тогда промах, если он был допущен в одном из наблюдений, обнаружит себя по заметному отличию данного отсчета от остальных.

Измерение, содержащее промах, должно быть отброшено, его нельзя включать в дальнейшие расчеты. Гарантией от промахов при вычислениях может служить только предельная внимательность, а также использование рекомендуемых методов контроля. Большое значение имеет также использование привычных и целесообразных схем, аккуратное написание цифр, расположенных в колонках строго по разрядам.

Систематические и случайные ошибки наблюдений приводят к смещению в ту или другую сторону проложенных на карте изолиний относительно их истинного положения. Смещенные линии положения при их пересечении дают ошибочное место судна. Установлено, что величины ошибок в наблюдениях зависят не только от погрешностей в наблюдениях, но и от ряда других причин, в частности от угла пересечения линий положения. При рассмотрении конкретных способов определения места судна будут указаны приемы, с помощью которых можно уменьшить влияние неучтенных ошибок на точность обсервации.

§ 47. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ДВУМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ УГЛАМ

Обоснование способа. Из математики известно, что вписанные в окружность углы, опирающиеся на одну и ту же дугу, равны между собой. Если с судна был измерен горизонтальный угол α между двумя ориентирами, то вершина этого угла лежит на окружности, проходящей через ориентиры и место судна. Из любой точки этой окружности ориентиры будут усматриваться под тем же углом α . Таким образом, окружность, вмещающая угол α , является изолинией судна.

Если на берегу имеются три ориентира A , B и C (рис. 58), то с судна могут быть одновременно измерены два горизонтальных угла: α между A и B и β — между B и C . В результате будут получены две окружности — изолинии, в одной из точек пересечения которых находится судно.

На практике окружности на карту не наносят, а для нахождения места судна используют протрактор. Крайние линейки протрактора устанавливают на отсчеты измеренных углов α и β . Накладывают инструмент на карту так, чтобы его центр находился в районе счислимого места. Двигая протрактор, добиваются тако-

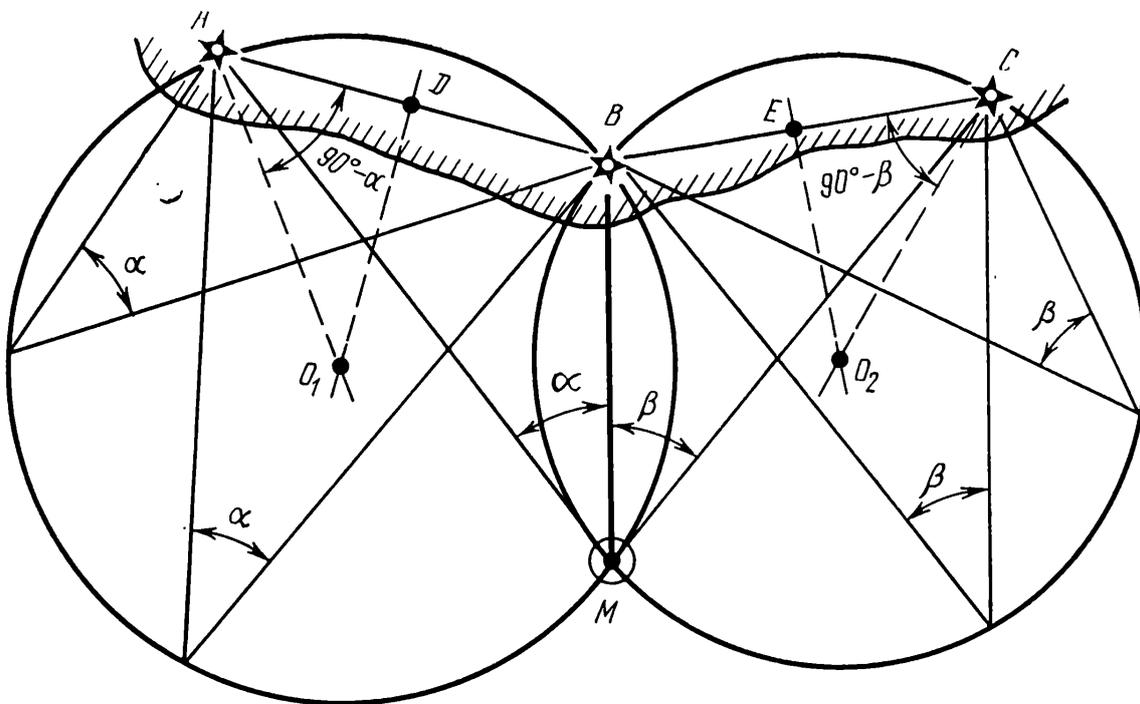


Рис. 58. Определение места по двум горизонтальным углам

го его положения, при котором скошенные срезы всех трех линеек проходили бы через ориентиры A , B и C . Место судна получают в точке накола кнопки-фиксатора.

Вместо протрактора можно использовать кальку. От произвольной точки M (рис. 59) проводят прямую линию Mb , а под углами α и β к этой линии — прямые Ma и Mc . Линии на кальке совмещают с соответствующими ориентирами на карте. Место судна получают, делая в точке M нажим карандашом или укол циркулем.

Случай неопределенности. Определение места судна по двум горизонтальным углам оказывается невозможным, если в момент измерения углов судно будет находиться на окружности, проходящей через все три ориентира (рис. 60). Тогда из любой точки

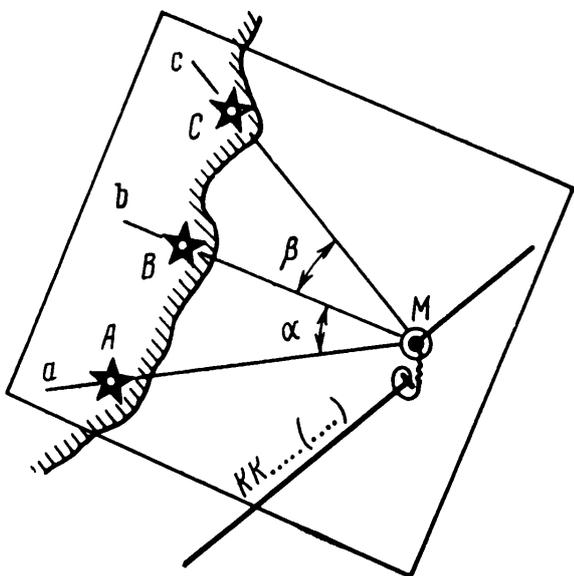


Рис. 59. Использование кальки

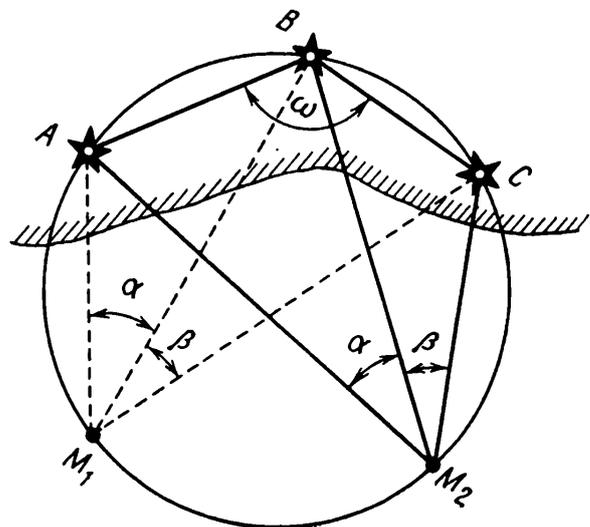


Рис. 60. Случай неопределенности

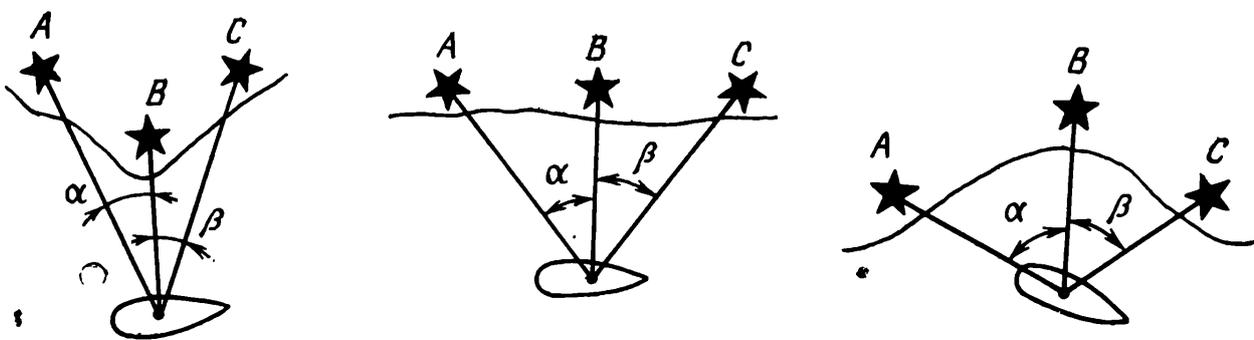


Рис. 61. Исключение случая неопределенности

M_1, M_2 и т. д. окружности ориентиры A и B будут видны под углом α , а B и C — под углом β . Выявить, в какой именно точке окружности в действительности находится судно, не удастся, поэтому такой случай называется случаем неопределенности. При нахождении судна на общей окружности с тремя ориентирами точки A, B, C и место судна M являются вершинами вписанного в окружность четырехугольника. Так как сумма противоположных углов такого четырехугольника равна 180° , то признаком случая неопределенности будет наличие равенства

$$\alpha + \beta + \omega = 180^\circ,$$

где ω — угол при среднем ориентире.

На практике, чтобы избежать случая неопределенности, стараются так подбирать ориентиры, чтобы исключить возможность нахождения судна на одной окружности с ними. На рис. 61 показано несколько вариантов взаимного расположения судна и ориентиров, когда случая неопределенности не будет: средний ориентир расположен ближе к судну, чем крайние; все три ориентира расположены на одной прямой; все три ориентира находятся на одинаковом расстоянии от судна. Возможность того или другого варианта расположения судна и береговых предметов, при котором можно определить место по двум горизонтальным углам, устанавливают по карте, ориентируясь по положению счислимого места.

Практическое выполнение. Подготовка к наблюдениям заключается в подборе трех нанесенных на карту ориентиров, расположенных по возможности ближе к плоскости горизонта и хорошо видимых с судна. Углы между ориентирами, как правило, измеряют секстаном. Между наблюдениями проходит некоторое время, в течение которого судно перемещается на определенное расстояние. В результате углы α и β оказываются измеренными из разных точек и, следовательно, изолинии не соответствуют одному и тому же положению судна. Полученное в их пересечении место будет содержать ошибку. Ее можно избежать приведением измеренных углов к одному моменту. Для этого измеряют первый угол, затем второй и снова первый. Время и *ол* замечают при измерении вто-

рого угла. Из двух измерений первого угла рассчитывают средний:

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\alpha_1 + \alpha_3}{2} .$$

Иногда измерения проводят два наблюдателя одновременно. По команде один из них измеряет угол между первым и вторым ориентирами, а второй — между вторым и третьим. Измеренные секстаном углы исправляются поправкой индекса, если величина i превышает $6'$, т. е. $0^\circ,1$.

Углы между ориентирами можно определить и при помощи компаса. Для этого в быстрой последовательности берут пеленги трех ориентиров, а затем вычисляют разности между отсчетами смежных компасных пеленгов: левого и среднего, среднего и правого ориентиров. Этим приемом пользуются, в частности, если поправка компаса не надежна.

Полученное на карте с помощью протрактора или кальки обсервованное место судна обозначают кружком с точкой в центре. Рядом с обсервованным местом записывают время и *ол*, замеченные при наблюдениях. Координаты точки, направление и величину невязки записывают в судовой журнал.

О точности способа. Определение места судна по двум горизонтальным углам относится к числу наиболее точных визуальных способов. Это объясняется тем, что в определении места не участвует поправка компаса, а измерение углов секстаном производится с достаточной степенью точности. К недостаткам способа относятся его трудоемкость, наличие случаев неопределенности и отсутствие контроля, вследствие чего возможны незамеченные промахи.

§ 48. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ТРЕМ ПЕЛЕНГАМ

Обоснование способа. Для получения обсервованного места судна достаточно иметь две линии положения. Третий пеленг в рассматриваемом способе используется как контрольный. Контрольная линия положения позволяет при определении места судна решить целый ряд задач: избежать промаха при опознании ориентиров или взятии отсчетов по компасу, обнаружить и устранить влияние ошибки в поправке компаса, а также уточнить значение поправки компаса на данном курсе.

Три линии положения, проложенные на карте, пересекаются в одной точке только в том случае, если наблюдения, вычисления и прокладка не содержали никаких ошибок. На практике линии пеленгов часто образуют треугольник, называемый *треугольником погрешности* (abc на рис. 62). Причинами его появления могут быть:

1) промахи при опознании ориентиров или при взятии отсчетов по картушке компаса;

2) случайные ошибки пеленгования. При нормальных условиях наблюдений они невелики и не приводят к появлению большого треугольника погрешности;

3) ошибки от неодновременного взятия пеленгов. Эти ошибки проявляют себя при скорости судна, большей 15—18 уз, и небольших (2—3 мили) расстояниях до ориентиров. Для исключения влияния ошибки взятые пеленги приводят к одному моменту, измеряя их в таком порядке: три пеленга берут в обычной последовательности, а затем повторно измеряют пеленги второго и вслед за ним первого ориентиров. Время и отсчет лага замечают при взятии третьего пеленга. Для исправления поправкой компаса и прокладки на карте получают три отсчета компасных пеленгов:

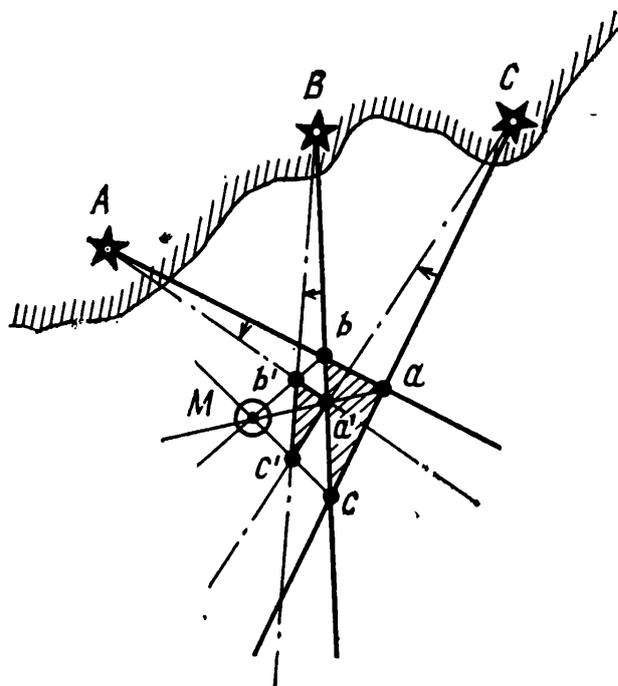


Рис. 62. Треугольник погрешности

$$ОКП'_1 = \frac{ОКП_1 + ОКП_5}{2},$$

$$ОКП'_2 = \frac{ОКП_2 + ОКП_4}{2},$$

$ОКП_3$ остается без изменений;

4) ошибки в поправке компаса, принятой для исправления пеленгов.

Для установления причин появления треугольника погрешностей проводят анализ обсервации. Промахи в наблюдениях сразу же обнаруживаются из-за появления значительного треугольника погрешностей. Чтобы убедиться, что причиной этого не является промах, измерения пеленгов повторяют. Если после повторных наблюдений треугольник не уменьшился, причиной его появления следует считать ошибку в поправке компаса. Следует изменить ее величину на 2—4° в ту или другую сторону. Проложив пеленги, исправленные новой поправкой, получают на карте второй треугольник погрешности ($a' b' c'$ на рис. 62). Если измененное значение поправки компаса оказалось ближе к ее истинной величине, то второй треугольник уменьшится по сравнению с первым, и наоборот. Соединив сходственные вершины этих треугольников отрезками прямых, получают в их пересечении точку M , которая является обсервованным местом судна, свободным от влияния систематической ошибки в ΔK .

После получения места судна можно вычислить верное значение поправки компаса. Для этого соединяют точку M с ориентирами на карте и измеряют транспортиром полученные истинные

пеленги. Сравнив их с компасными пеленгами тех же ориентиров, находят три значения поправки компаса $\Delta K = ОИП - ОКП$. Среднее арифметическое из полученных результатов принимают за действительную поправку на данном курсе.

Пользоваться описанным приемом для нахождения верного места судна следует только в том случае, если величина сторон треугольника погрешности 0,5 мили и более. Если его стороны меньше указанной величины, то вероятное место судна принимают в центре треугольника, относя причину его возникновения к случайным ошибкам.

Практическое выполнение. Заблаговременно выбирают на берегу три ориентира с расчетом, чтобы углы между их пеленгами были в пределах от 60 до 120°, и намечают порядок пеленгования. В общем случае первыми берут пеленги ориентиров, расположенных дальше от траверза, т. е. на более острых курсовых углах. Направления на них меняются медленнее, и, следовательно, неодновременность пеленгования меньше будет сказываться на точности полученного места.

Ночью, чтобы сократить время между моментами пеленгования, этот порядок может быть изменен. Первыми пеленгуют маяки, на измерение пеленгов которых затрачивается больше времени. Например, если в видимости судоводителя имеются проблесковые и постоянные огни, то первыми, дождавшись проблеска, пеленгуют проблесковые огни, а затем постоянные.

В быстрой последовательности измеряют пеленги каждого ориентира. При взятии третьего пеленга замечают время и *ол*. При скорости судна более 15—18 уз взятые пеленги приводят к одному моменту. Исправляют пеленги поправкой компаса и прокладывают на карте, принимая место судна в точке их пересечения. При получении треугольника погрешности находят верное место судна, как указывалось выше. Снимают с карты координаты обсервованного места, а также направление и величину невязки. Эти данные записывают в судовой журнал.

О точности способа. Способ определения места судна по трем пеленгам является одним из наиболее точных в судовождении. Он сочетает сравнительную простоту производства наблюдений и вычислений с возможностью исключения промаха, а также систематической ошибки в поправке компаса.

§ 49. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ДВУМ ПЕЛЕНГАМ

Обоснование способа. Место судна определяют по пеленгам двух ориентиров, нанесенных на карту. Обсервованную точку получают в пересечении двух линий положения, которыми являются линии истинных пеленгов. Так как одновременное пеленгование двух ориентиров одним наблюдателем невозможно, то для уменьшения или практически полного уничтожения ошибки из-за неодновременности пеленгования применяют специальные приемы.

Первым пеленгуют ориентир, расположенный ближе к диаметральной плоскости судна, т. е. находящийся на более остром курсовом угле. Пеленги таких предметов меняются медленнее. При скорости судна более 15—18 уз измеренные пеленги необходимо приводить к одному моменту. Для этого берут компасный пеленг первого ориентира, затем второго, после чего вновь пеленгуют первый ориентир. Значения двух пеленгов первого ориентира осредняют, приводя тем самым средний пеленг к моменту пеленгования второго ориентира,

$$ОКП'_1 = \frac{ОКП_1 + ОКП_3}{2} .$$

Время и показания лага замечают при взятии второго пеленга.

Практическое выполнение. На берегу выбирают два хорошо видимых ориентира с таким расчетом, чтобы угол между направлениями на них был по возможности близким к 90° , но, во всяком случае, не меньше 30° и не больше 150° . Берут по компасу пеленги ориентиров. Время и *ол* замечают в момент вторых наблюдений. Компасные пеленги исправляют поправкой компаса в истинные и прокладывают на карте (рис. 63).

О точности способа. Точность полученного обсервованного места, если исключено влияние ошибок от неодновременного взятия пеленгов, зависит от случайных ошибок при пеленговании, а также от ошибок в принятой поправке компаса. Влияние их будет наименьшим, когда угол между пеленгами равен или близок 90° . Если угол между направлениями на ориентиры меньше 30° или больше 150° , то полученному по двум пеленгам обсервованному месту доверять нельзя.

При незначительных случайных ошибках наблюдений и уверенности в правильности учитываемой поправки компаса точность определения места судна по двум пеленгам вполне удовлетворительная.

К достоинствам способа относится также простота его выполнения.

Однако при этом способе невозможно проконтролировать полученную обсервацию, ошибка в которой может появиться не только по перечисленным выше причинам, но и вследствие возможных промахов при наблюдениях или вычислениях. Действительно, в отличие от определения места судна по трем пеленгам, когда промах обнаруживается по появлению большого треугольника погрешности, в данном способе на промах можно обратить внимание лишь при резком несоответствии полученной обсервации и счисления.

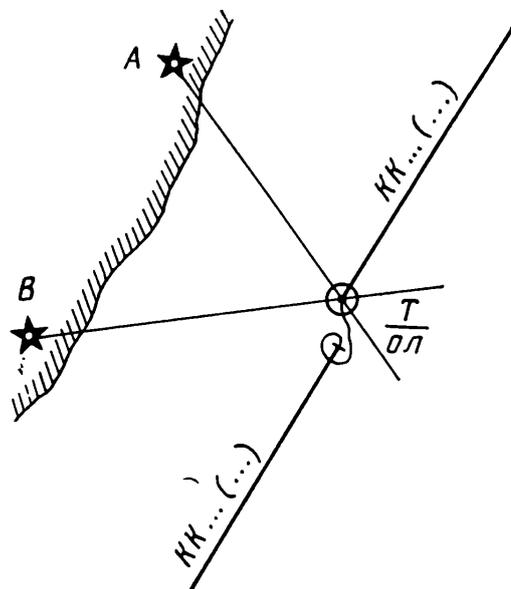


Рис. 63. Определение места по двум пеленгам

Определение места судна по пеленгу и горизонтальному углу. Этот прием является разновидностью способа определения места судна по двум пеленгам. Он применяется, когда один из двух ориентиров почему-либо не виден наблюдателю, расположенному у компаса, например закрыт надстройкой. В этом случае измерения обычно проводят два наблюдателя. Первый располагается так, чтобы видеть оба ориентира, второй находится у компаса. Первый наблюдатель секстаном измеряет горизонтальный угол между ориентирами, а второй по команде, подаваемой в момент измерения угла, берет пеленг. Одновременно замечают время и *ол*. Отсчет компасного пеленга исправляют ΔK .

Для получения истинного пеленга на второй ориентир к первому пеленгу прибавляют измеренный угол, т. е. $ОИП_2 = ОИП_1 + \alpha$. Угол α берется со знаком «+», если он был измерен вправо от линии измеренного пеленга, и со знаком «-», если влево.

Место судна получают в пересечении линий двух истинных пеленгов. Точность обсервации может быть принята равной точности определения места по двум пеленгам.

§ 50. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО КРЮЙС-ПЕЛЕНГУ

Обоснование способа. Если с движущегося судна виден только один ориентир, расстояние до которого не может быть измерено, то для определения своего места применяют способ крьюйс-пеленга. При этом ориентир пеленгуют два раза в различные моменты времени, место судна получают на момент вторых наблюдений.

Обозначим береговой ориентир буквой A (рис. 64), AP_1 и AP_2 — линии пеленгов, последовательно взятые с судна в моменты времени T_1 и T_2 , $S_{\text{п}}$ — расстояние, пройденное судном по линии пути за время $\Delta T = T_2 - T_1$. В момент взятия первого пеленга судно находилось на линии P_1 , а второго на P_2 . Допустим, что при плавании судна в промежутке времени ΔT не было допущено никаких ошибок счисления. Перенесем линию P_1 параллельно самой себе по направлению пути судна на расстояние $S_{\text{п}}$. Очевидно, что на момент вторых наблюдений судно, при условии точного счисления, будет находиться в одной из точек перенесенной линии AP'_1 . Но так как в этот же момент оно находится на линии AP_2 , то точ-

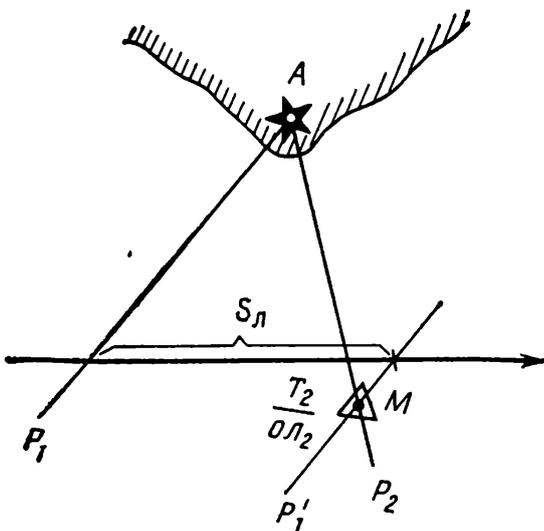


Рис. 64. Определение места по крьюйс-пеленгу

ка M на пересечении линий AP_1' и P_2 и будет являться местом судна. Оно называется счислимо-обсервованным, так как при его получении использовались не только результаты сберсации (линии пеленгов), но и элементы счисления (путь и пройденное расстояние $S_{л}$).

На карте счислимо-обсервованное место обозначают треугольником. Если проложенная на карте линия курса не совпадает с действительной линией пути судна, то полученное место судна оказывается левее или правее курса.

Практическое выполнение (общий случай). Наблюдения, вычисления и прокладку при определении места судна по крьюс-пеленгу выполняют в следующем порядке. Берут первый компасный пеленг ориентира, замечая время и *ол*. Когда направление на ориентир изменится на $30-40^\circ$, берут второй пеленг и вновь замечают время и *ол*. Компасные пеленги исправляют поправкой компаса, и рассчитывают пройденное судном расстояние между измеренными пеленгами по формуле

$$S_{л} = \rho \text{ол} \left(1 + \frac{\Delta \lambda}{100} \right), \text{ или } S_{л} = \rho \text{ол} k_{л}.$$

Линии истинных пеленгов прокладывают на карте (см. рис. 64). От точки пересечения первого пеленга с линией $ИК$ откладывают по курсу отрезок $S_{л}$, через конец которого проводят линию, параллельную первому пеленгу. В точке пересечения этой линии со вторым пеленгом получают счислимо-обсервованное место судна на момент вторых наблюдений. Если счисление переносят в полученную точку, то снимают ее координаты, величину и направление невязки, которые записывают в судовой журнал.

Иногда при прокладке крьюс-пеленга расстояние $S_{л}$ откладывают не по линии $ИК$, а по вспомогательной линии, проведенной на карте от ориентира параллельно $ИК$ в направлении перемещения судна (рис. 65). Из конца отрезка $S_{л}$ проводят перенесенную первую линию положения до пересечения со вторым пеленгом. Этот прием требует дополнительных графических построений, поэтому применяется редко.

Если при счислении учитывался дрейф, то $S_{л}$ откладывается не по линии $ИК$, а по линии пути судна при дрейфе (см. рис. 65).

Прокладку крьюс-пеленга при плавании судна на течении, элементы которого известны, выполняют следующим образом (рис. 66). От точки B пересечения линии первого пеленга с линией $ИК$ откладывают по линии $ИК$ пройденное судном по лагу расстояние $S_{л}$ между измеренными пеленгами. Из

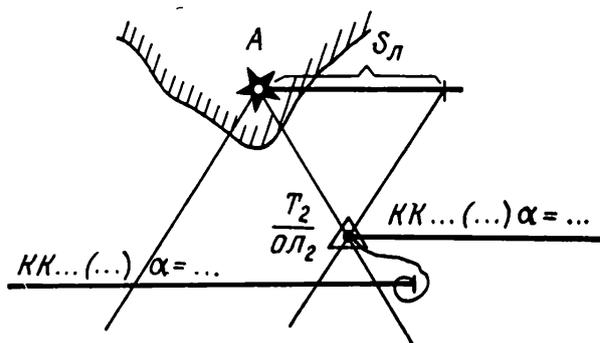


Рис. 65. Прокладка крьюс-пеленга

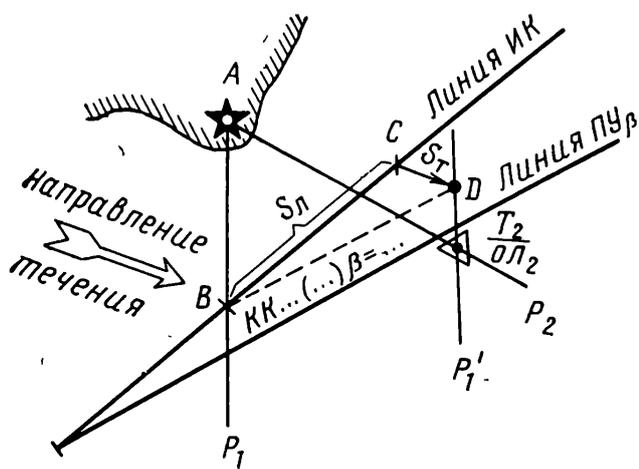


Рис. 66. Прокладка крюйс-пеленга при плавании на течении

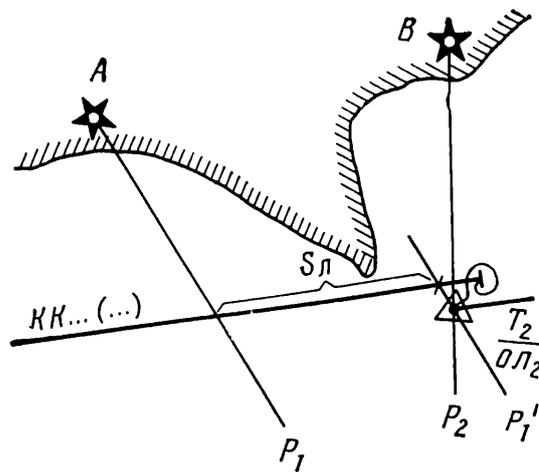


Рис. 67. Определение места по разновременным пеленгам двух ориентиров

конца отрезка $S_{\text{л}}$ (точка C) по направлению течения откладывают величину сноса течением за время между взятием первого и второго пеленга $S_{\text{т}} = V_{\text{т}} (T_2 - T_1)$. В полученную точку D переносят линию первого пеленга. Точка пересечения этой линии со второй линией положения явится счислимо-обсервованным местом судна на момент вторых наблюдений.

Если при счислении учитывались и течение и дрейф, то при определении места судна по крюйс-пеленгу применяют тот же прием, но расстояние $S_{\text{л}}$ откладывают не по линии $ИК$, а по линии пути судна при дрейфе.

Могут быть случаи, когда за время плавания между измеренными пеленгами судно меняло курсы. Тогда от точки пересечения линии первого курса с линией первого пеленга прокладывают последовательно все курсы, откладывая по каждому из них $S_{\text{л}1}$, $S_{\text{л}2}$ и т. д., рассчитанные по OL , замеченным в момент измерения пеленгов и смены курсов. Из конца отрезка последнего расстояния $S_{\text{л}}$ проводят перенесенную линию положения P_1' .

Способ крюйс-пеленга используется также для определения места судна по разновременным пеленгам двух ориентиров. Такой случай может возникнуть, если после взятия пеленга на первый ориентир он скрылся из пределов видимости, после чего открылся второй ориентир.

Компасный пеленг первого ориентира A исправляют в истинный и прокладывают на карте (рис. 67). После того как открылся второй ориентир B , измеряют и наносят на карту вторую линию положения BP_2 . По замеченным при пеленговании отсчетам лага рассчитывают $S_{\text{л}}$ за время между взятием пеленгов и откладывают его по линии курса от точки пересечения ее с линией первого пеленга. Из конца отрезка $S_{\text{л}}$ проводят линию, параллельную первой линии положения до пересечения ее с линией второго пеленга. Построения при учете дрейфа или течения имеют особенности, о которых говорилось выше.

При определении места судна по разновременным пеленгам двух ориентиров стремятся к тому, чтобы угол между пеленгами был больше 30° , а плавание между двумя наблюдениями — минимальным.

Точность способа. Точность счислимо-обсервованного места зависит от случайных ошибок пеленгования, соответствия принятой поправки компаса ее действительному значению и от ошибок счисления за время между моментами взятия пеленгов. Причиной появления ошибок счисления являются погрешности в показаниях компаса и лага, а также неточный учет дрейфа и течения.

Случайные ошибки пеленгования невелики и при угле между пеленгами больше 30° ими можно пренебрегать. Для уменьшения влияния ошибки в поправке компаса необходимо, чтобы при втором пеленговании расстояние до ориентира было бы наименьшим, т. е. близким к траверзному. Влияние ошибок счисления на точность полученного места оказывается тем больше, чем больше промежуток времени между двумя наблюдениями.

Учитывая все сказанное, для повышения точности счислимо-обсервованного места стараются взять второй пеленг как можно быстрее после первого, однако не ранее того момента, когда он изменится на $30\text{--}40^\circ$. При этом пеленгование ведут с таким расчетом, чтобы второй пеленг ориентира был взят вблизи его траверза.

§ 51. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО РАССТОЯНИЯМ

Определение расстояния до ориентира. Расстояние до ориентира может быть определено двумя визуальными методами: с помощью дальномеров или по вертикальному углу, измеренному секстаном. Дальномеры на судах морского флота не применяются.

Определить расстояние по вертикальному углу можно, если известна высота ориентира над уровнем моря или его высота над основанием. В первом случае измеряется вертикальный угол между вершиной ориентира и урезом воды у береговой черты (рис. 68), во втором — между вершиной предмета и его основанием. Распознать основание можно только у искусственных сооружений, поэтому второй метод применяют редко. Предположим, что, находясь в точке M , наблюдатель видит ориентир, высота которого h над уровнем моря известна (см. рис. 68). Измерив вертикальный угол α , можно рассчитать расстояние D до ориентира. При этом высотой глаза наблюдателя можно пренебречь. Из прямоугольного треугольника MBC получаем

$$D = h \operatorname{ctg} \alpha.$$

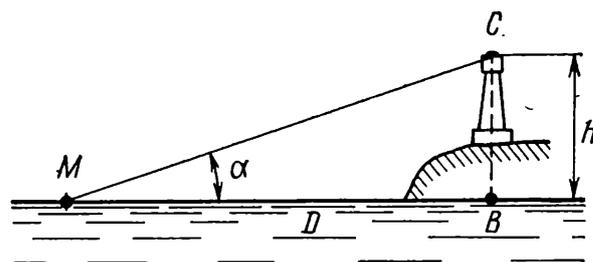


Рис. 68. Определение расстояния до ориентира

Выражая h в метрах и D в милях, получим

$$D_{\text{мили}} = \frac{h_{\text{м}}}{1852} \operatorname{ctg} \alpha.$$

На практике для вычисления расстояния до ориентира иногда пользуются приближенной формулой, поскольку измеряемые вертикальные углы обычно малы и $\operatorname{tg} \alpha$ можно заменить самим углом α , выраженным в радианной мере,

$$\operatorname{tg} \alpha = \alpha' \operatorname{arc} 1' = \frac{\alpha'}{3438}.$$

Тогда

$$D_{\text{мили}} = \frac{3438 h_{\text{м}}}{1852 \alpha'} = \frac{13}{7} \frac{h_{\text{м}}}{\alpha'} = 1,86 \frac{h_{\text{м}}}{\alpha'}.$$

Перед измерением вертикального угла подготавливают секстан к наблюдениям, определяют поправку индекса. Из навигационного пособия выбирают высоту ориентира над уровнем моря или от основания. Измеренный угол исправляют поправкой индекса и инструментальной поправкой ($i+s$).

Пример 25. Высота ориентира над уровнем моря $h = 65$ м. Отсчет секстана при измерении вертикального угла $oc = 0^{\circ}15',3$; $i + s = +1',8$. Определить расстояние до ориентира по приближенной формуле.

Решение.

$$1. \alpha = oc + (i + s) = 0^{\circ}15',3 + 1',8 = 0^{\circ}17',1.$$

2. По приближенной формуле

$$D_{\text{мили}} = 1,86 \frac{65}{17,1} \approx 7,1 \text{ мили.}$$

Точность измерения расстояния рассматриваемым способом невелика. Возможные ошибки связаны с колебаниями уровня моря, вследствие чего высота ориентира будет учтена неправильно (в пособиях h дается над средним уровнем полной сизигийной воды). Кроме того, причиной ошибки при определении расстояния может стать значительное удаление ориентира от береговой черты. Эти ошибки не будут влиять, если измеряется угол между основанием и вершиной ориентира.

Для уменьшения влияния ошибок наблюдений следует подбирать более высокие ориентиры, расстояние до которых не превышает 4—6 миль. Основание ориентира не должно быть скрыто за горизонтом.

Определение места судна по двум или трем расстояниям, полученным по вертикальным углам. Такое определение возможно, если с судна видны два или три ориентира, высоты которых над уровнем моря или над основанием известны. Место судна получают в пересечении окружностей с центрами при ориентирах, описанных радиусами, равными измеренным расстояниям (рис. 69). Место получается тем точнее, чем ближе углы между изолиниями (дугами окружностей) к 90° при двух расстояниях и к 120° — при трех. Для этого ориентиры должны быть видны с судна под углами, близкими к 90° , если их два, или к 120° , если их три.

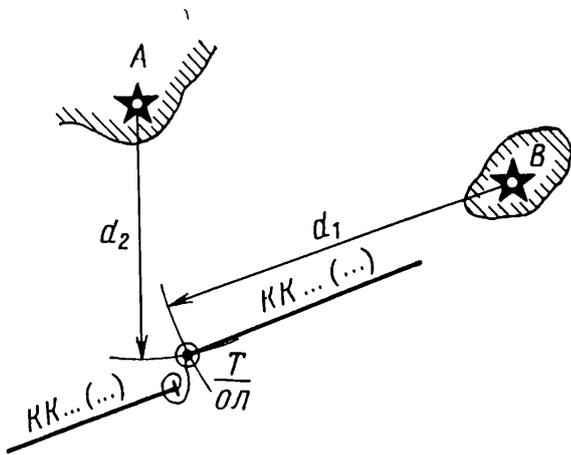


Рис. 69. Определение места по двум расстояниям

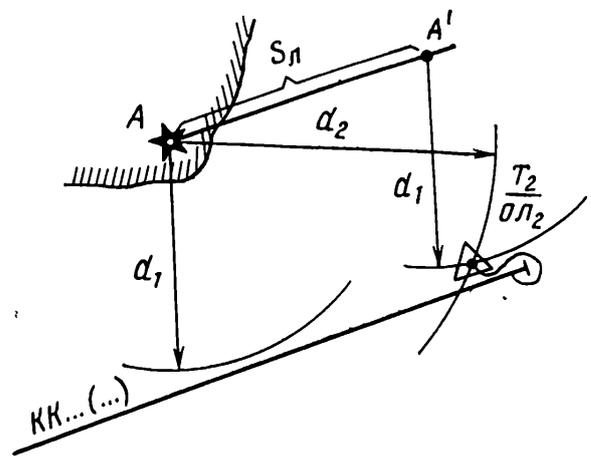


Рис. 70. Определение места по крьюс-расстоянию

При наблюдениях первыми измеряют вертикальные углы ориентиров, расположенных ближе к траверзу, а затем — расположенных на носовых или кормовых курсовых углах. Другими словами, первыми измеряются углы, которые медленнее изменяются за промежутки времени между наблюдениями. Если скорость судна превышает 15—18 уз, измеренные вертикальные углы следует приводить к одному моменту. При этом применяют порядок измерений, который приведен в § 48 и 49 для случаев приведения к одному моменту двух или трех пеленгов.

На практике к измерению двух и, тем более, трех расстояний с помощью секстана прибегают редко.

Определение места судна по крьюс-расстоянию. Способ применяют, когда в пределах видимости имеется один ориентир, до которого можно измерить расстояние. Его целесообразно использовать, если почему-либо нежелательно пеленговать предмет, например предполагается большая ошибка в поправке компаса.

Измеряют расстояние d_1 до ориентира, а через некоторое время, повторив измерения, получают расстояние d_2 (рис. 70). При наблюдениях замечают время и *ол*. От места ориентира на карте по направлению, параллельному истинному курсу судна, откладывают плавание за время между наблюдениями $S_{л} = \rho_{ол} \left(1 + \frac{\Delta \rho}{100}\right)$.

Из места ориентира, как из центра, радиусом d_2 проводят дугу окружности. Вторую дугу проводят из конца вектора $S_{л}$ (точка A') радиусом d_1 . В пересечении двух дуг получают счислимо-обсервованное место судна.

Промежуток времени между наблюдениями должен быть таким, чтобы дуги окружностей пересекались под углом не менее 30° . Если судно испытывает дрейф или снос течением, то прокладка крьюс-расстояния выполняется с учетом особенностей, указанных в § 50.

Ошибки в полученном месте судна зависят от ошибок в измерении расстояний и ошибок счисления за время плавания между

наблюдениями. Для уменьшения ошибок счисления применяют те же методы, что и при определении места судна по крьюйс-пеленгу.

§ 52. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ПЕЛЕНГУ И РАССТОЯНИЮ, ПОЛУЧЕННОМУ ПО ВЕРТИКАЛЬНОМУ УГЛУ

Обоснование способа. Способ при-

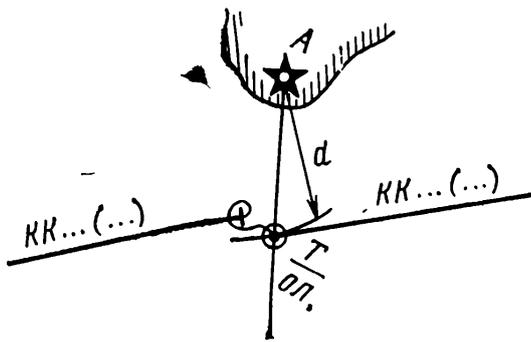


Рис. 71. Определение места по пеленгу и расстоянию

меняют, если с судна виден только один ориентир, расстояние до которого может быть определено по измеренному вертикальному углу. Изолиния-

ми, в пересечении которых принимается обсервованное место, являются проложенная на карте линия истинного пеленга ориентира и дуга окружности (засечка), проведенная радиусом, равным измеренному расстоянию (рис. 71). Пеленг и расстояние могут измеряться одновременно двумя наблюдателями. Если наблюдатель один, то для уменьшения ошибки от перемещения судна первым измеряют вертикальный угол, а затем пеленг, так как измерения секстаном занимают больше времени.

Практическое выполнение. Подобрал ориентир на местности, измеряют секстаном вертикальный угол и берут пеленг по компасу. Отсчет секстана исправляют поправкой индекса и инструментальной поправкой ($i+s$) и рассчитывают расстояние до ориентира d . Компасный пеленг исправляют поправкой компаса. От ориентира прокладывают исправленный пеленг и по нему рассчитанное расстояние. Обсервованные координаты, величину и направление невязки заносят в судовой журнал.

О точности способа. Точность полученного места зависит от возможных ошибок в линии пеленга и измеренном расстоянии. Для повышения точности обсервации следует выбирать ориентир, расположенный ближе к судну. При уверенности в принятой поправке компаса обсервованное место судна можно считать достаточно надежным.

Достоинством способа является возможность определить место судна по одному ориентиру, а недостатком — отсутствие третьей, контрольной изолинии.

§ 53. ОПОЗНАНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ПЕЛЕНГУ В МОМЕНТ ОТКРЫТИЯ ОРИЕНТИРА, ПО ПЕЛЕНГУ И ГЛУБИНЕ

Опознанное место в отличие от обсервованного является ориентировочным. Судоводитель не должен полагаться на него в своих расчетах, однако его необходимо принимать во внимание, особенно если оно находится ближе к опасности, чем счислимая точка.

Опознавание места по пеленгу в момент открытия ориентира применяют при подходе к берегу, когда на судне продолжительное время не имели обсерваций. Заблаговременно рассчитывают дальность видимости ориентира и ведут наблюдение в направлении, по которому он должен открыться. В момент обнаружения ориентира берут его компасный пеленг, замечают время и *ол*. Исправленный пеленг прокладывают на карте. Место судна получают на линии пеленга, отложив по нему рассчитанное расстояние. Точность опознанного места зависит от состояния атмосферы.

Опознавание места судна по пеленгу и глубине применяют, если с судна виден только один ориентир, а глубины в районе плавания изменяются равномерно. Берут компасный пеленг ориентира и одновременно измеряют глубину эхолотом. Место судна получают на пересечении линии исправленного пеленга с отрезком изобаты, соответствующей измеренной глубине. Изобату наносят, ориентируясь на отметки глубин на карте. Точность опознанного места будет тем выше, чем равномернее и ближе одна к другой проходят изобаты.

Глава VII

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СУДОВОЖДЕНИИ

§ 54. КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА МОРСКИХ СУДАХ

Радиотехнические средства подразделяются по видам навигационных параметров, получаемых при их использовании. Различают следующие типы радионавигационных устройств, предназначенных для определения места судна в море:

азимутальные, позволяющие получать радиопеленги с судна на радиомаяк или с радиопеленгаторных станций и секторных радиомаяков на судно. На судах к этому типу устройств относятся слуховые и визуальные радиопеленгаторы;

полярные, или комбинированные, позволяющие получать как пеленги, так и расстояния до ориентиров. К ним относятся судовые радиолокационные станции;

разностно-дистанционные, или гиперболические, измеряющие разность расстояний до двух станций. К этому типу относятся импульсные, фазовые и импульсно-фазовые радионавигационные системы (РНС).

На морских маломерных судах наибольшее применение нашли радиопеленгаторы и радиолокационные станции.

Устройство и правила эксплуатации судовых радиотехнических средств изучаются в курсе «Радионавигационные приборы».

§ 55. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА СУДНА ПО РАДИОПЕЛЕНГАМ КРУГОВЫХ РАДИОМАЯКОВ

Принципы радиопеленгования. Понятие о радиодевиации и ее определении. Определение места судна по круговым радиомаякам производится с помощью судового радиопеленгатора. Для удобства пеленгования нескольких радиомаяков их объединяют в навигационные группы. В каждую группу может входить до шести радиомаяков, работающих на одной частоте. Дальность действия круговых радиомаяков с большой выходной мощностью передатчиков может составлять до 300—400 миль, однако обычно она не превышает 50—100 миль. Сведения о работе радиомаяков даются в книгах «Радиотехнические средства навигационного оборудования» (РТСНО). Правила пользования книгами РТСНО при определении места судна по круговым радиомаякам и аэрорадиомаякам приведены в § 80.

При пеленговании радиомаяка судовым радиопеленгатором вращают искательную катушку его гониометра до получения минимума слышимости сигнала. В этот момент указатель гониометра должен расположиться в направлении пришедшей к судну радиоволны (пунктирная линия FO на рис. 72). Если радиопеленгатор не смонтирован с репитером гирокомпаса, то по его внутренней неподвижной шкале (азимутальный круг) снимают угол между диаметральной плоскостью судна и направлением пришедшей радиоволны. Этот угол называется отсчетом радиокурсового угла ($ОРКУ$). Если же радиопеленгатор оснащен репитером гирокомпаса, то, кроме $ОРКУ$, с внешней подвижной шкалы снимают отсчет компасного радиопеленга ($ОКРП$).

Для получения истинного направления на радиомаяк взятые по радиопеленгатору отсчеты должны быть исправлены рядом поправок, в том числе радиодевиацией.

Радиодевиация. Направление распространения радиоволн совпадает с дугой большого круга, соединяющей радиомаяк и судно (см. рис. 72). Однако под влиянием электромагнитных полей, создаваемых корпусом, рангоутом, такелажем и другими металлическими частями судна, а также излучения передающих антенн судовой радиостанции радиоволна отклоняется от этого направления на некоторый угол и приходит к судну по направлению FO . В результате этого в полученном по радиопеленгатору направлении на маяк появляется ошибка, называемая радиодевиацией f . Величина f зависит от длины радиоволны и может до-

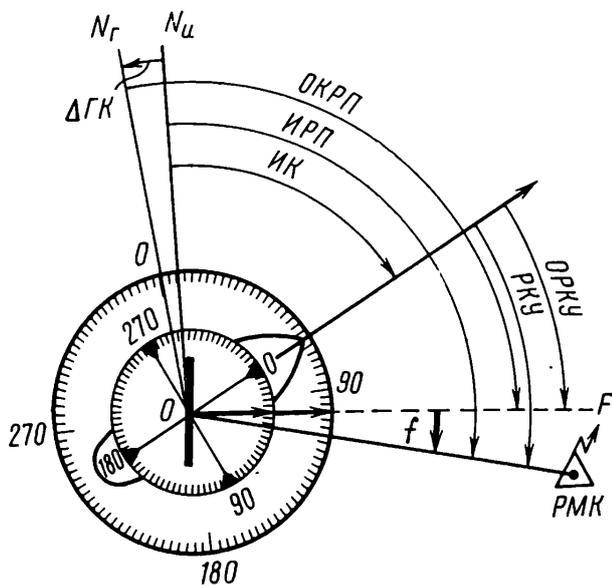


Рис. 72. Получение радиопеленга

стигать десятков градусов. Радиодевияция изменяется при приеме металлического груза, а также при изменении осадки судна, положения грузовых стрел. Для уменьшения радиодевияции применяют механические и электрические способы компенсации. Однако полностью компенсировать радиодевияцию на практике не удастся.

Остаточная радиодевияция, величина которой не должна превышать 8° , определяется для двух осадок судна — в полном грузу и в балласте. Принцип определения радиодевияции заключается в сравнении между собой взятых одновременно отсчетов визуального курсового угла $KУ$, получаемого по компасу, и радиокурсового угла $ОРКУ$ на одну и ту же радиостанцию:

$$f_{\text{ост}} = KУ - ОРКУ.$$

Наиболее распространенным является способ определения радиодевияции по радиостанции плавучего маяка или береговой радиостанции. Такелаж и стрелы приводят в положение по-походному, судовые антенны изолируют. Судно описывает циркуляцию на расстоянии не менее 2—3 длин волн от радиостанции, но в пределах ее видимости. Через каждые 10 или 15° значения курсового угла одновременно берут отсчеты $KУ$ и $ОРКУ$. Результаты наблюдений заносят в общую схему:

Длина _____ Длина волны _____ Осадка _____

№ п/п	Момент наблюдений	$KУ$ по компасу	$ОРКУ$ по радиопеленгатору	Радиодевияция ($KУ - ОРКУ$)	Примечание

По вычисленным значениям f строят кривую остаточной радиодевияции, с которой ее можно выбрать для любых значений радиокурсового угла. Составляют также рабочую таблицу остаточной радиодевияции (табл. 2).

Радиодевияция	Отсчеты курсовых углов по радиопеленгатору	Радиодевияция	Радиодевияция	Отсчеты курсовых углов по радиопеленгатору	Радиодевияция
$-0^\circ, 2$	360°	0°	$-0^\circ, 2$	255°	105°
$-1, 5$	345	15	$+2, 8$	240	120
$-2, 5$	330	30	$+4, 5$	225	135
$-3, 5$	315	45	$+5, 5$	210	150
$-3, 0$	300	60	$+5, 0$	195	165
$-1, 5$	285	75	$+2, 8$	180	180
$+0, 5$	270	90	$+0, 5$		

Аргументом для выборки радиодевииации из таблицы служит отсчет радиокурсового угла.

Обычно радиодевииацию определяют для длины волны 1000 м, на которой работают радиомаяки, а также для длины волны 600 м, принятой для передачи сигналов о бедствии.

Прокладка радиопеленгов на меркаторской карте. Как видно из рис. 72, для получения истинного радиопеленга *ИРП* на радиомаяк отсчет радиокурсового угла *ОРКУ* необходимо исправить радиодевииацией *f* и сложить с *ИК*, на котором лежало судно в момент пеленгования,

$$ИРП = ОРКУ + f + ИК. \quad (36)$$

Если по радиопеленгатору был взят отсчет компасного радиопеленга *ОКРП*, то для получения *ИРП* его исправляют радиодевииацией (выбирается из таблицы на *ОРКУ*), а также поправкой гироскопа $\Delta ГК$:

$$ИРП = ОКРП + f + \Delta ГК.$$

Место судна определяют по радиопеленгам, как правило, на расстояниях, значительно превышающих визуальное пеленгование. Поэтому замена получаемых при радиопеленговании изолиний отрезками прямых не всегда обеспечивает необходимую точность наблюдений.

Выясним характер изолиний при получении места по радиопеленгам, когда пеленгование ведется с судна. Так как радиоволны распространяются от маяка по кратчайшему расстоянию, т. е. по дуге большого круга, то полученный *ИРП* является ортодромическим. Ортодромический пеленг представляет собой угол между истинным меридианом и касательной к дуге ортодромии в точке судна. Для получения на карте места судна необходимо нанести на нее две изолинии наблюдателя или заменяющие их линии положения. В рассматриваемом случае, когда пеленгование ведется с судна, изолинией наблюдателя является не ортодромия, а линия равных пеленгов или изопеленга.

Изопеленга представляет собой геометрическое место точек, из которых все ортодромические пеленги на данный ориентир равны измеренному *ИРП*.

Из рис. 73 видно, что на поверхности Земли изопеленга имеет вид близкой к окружности кривой, обращенной всегда в сторону экватора. Она проходит через полюс Земли P_n , место судна M и радиомаяк $РМК$. Из любой точки, взятой на изопеленге (M' , M''), величина *ИРП* на радиомаяк будет одной и той же, равной α . На меркаторской карте изопеленга изображается кривой линией, выгнутой к экватору.

При получении места судна изопеленгу заменяют отрезком прямой линии $f-f$, касательной к ней вблизи места судна (рис. 74). Для прокладки линий положений $f-f$ используют свойство линии равных пеленгов, заключающееся в том, что на расстоянии между судном и радиомаяком до 300 миль изопеленга,

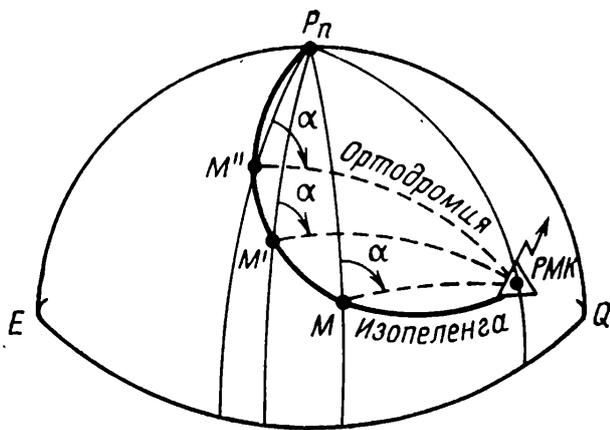


Рис. 73. Изопеленга

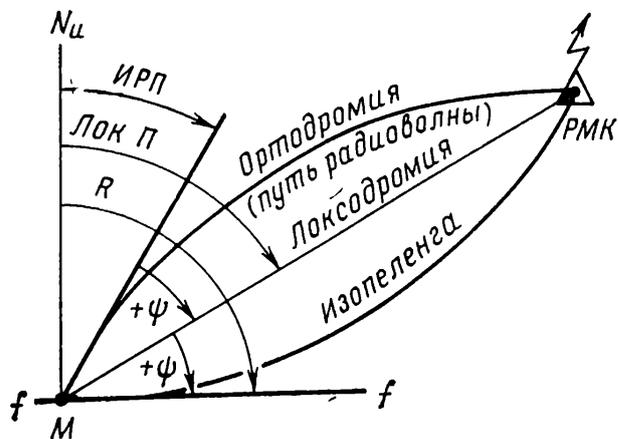


Рис. 74. Изопеленга, локсодромия и ортодромия

соединяющая эти две точки, располагается по отношению к локсодромическому пеленгу симметрично дуге ортодромии (см. рис. 74). Угол ψ , образованный касательной к ортодромии и линией локсодромического пеленга, носит название *ортодромической поправки*. Эта поправка определяет разность между направлениями ортодромии и локсодромии, а также локсодромии и изопеленги в данной точке меркаторской карты. Из рисунка видно, что направление линии локсодромического пеленга (*Лок П*) можно получить, прибавив к величине полученного из наблюдений *ИРП* ортодромическую поправку ψ . Для получения искомого направления линии положения $f-f$, определяемого углом R , к *ИРП* следует прибавить угол, равный 2ψ , или же, что все равно, придать к *Лок П* угол ψ . Таким образом

$$\text{Лок П} = \text{ИРП} + \psi; \quad (37)$$

$$R = \text{ИРП} + 2\psi = \text{Лок П} + \psi. \quad (38)$$

Ортодромическая поправка. Величина ψ , служащая для перевода ортодромического пеленга в *Лок П* или R , при обычных для пеленгования расстояниях между радиомаяком и судном может быть определена по формуле

$$\text{tg } \psi = \text{tg } \frac{\Delta\lambda}{2} \sin \varphi_{\text{ср}}, \quad (39)$$

где $\Delta\lambda$ — разность долгот между счислимым местом судна и радиомаяком;

$\varphi_{\text{ср}}$ — средняя широта этих же точек.

На практике величину ψ получают из табл. 23-а МТ—75 по аргументам $\varphi_{\text{ср}}$ и $\Delta\lambda$.

При переходе от *ИРП* к *Лок П* или направлению изопеленги R знак ψ , выбранный из таблицы, определяется по следующим правилам:

в северном полушарии ψ имеет знак (+) при ортодромических пеленгах от 0 до 180° (судно к западу от радиомаяка) и знак

(—) при пеленгах от 180 до 360° (судно к востоку от радиомаяка);

в южном полушарии, наоборот, ψ имеет знак (—) при пеленгах от 0 до 180° и (+), если ортодромический пеленг от 180 до 360°.

Из табл. 23-а МТ — 75 видно, что ψ имеет наибольшую величину в высоких широтах, возрастая с увеличением $RД$ между судном и радиомаяком.

§ 56. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО РАДИОПЕЛЕНГАМ

Получение обсервации заключается в подготовке к наблюдениям, наблюдениях, вычислениях и прокладке на карте. Подготовка к наблюдениям сводится к подбору по карте и с помощью книги РТСНО двух или более подходящих радиомаяков и выборке о каждом из них нужных сведений: частоты (длины волны), опознавательного сигнала, времени работы. Перед началом наблюдений должны быть изолированы судовые антенны. Включают и настраивают на нужную частоту радиопеленгатор.

Наблюдения состоят в измерении $ОРКУ$ и $ОКРП$ радиомаяков. Для повышения точности пеленгования в течение времени работы каждого радиомаяка проводят 2—3 наблюдения, из которых рассчитывают среднее. Время и $ол$ записывают при среднем измерении. Вычисления состоят в расчете $ИРП$ на радиомаяки, которые производят по схемам:

а) при взятии $ОРКУ$

$$\begin{array}{r} + \frac{ОРКУ =}{f =} \\ + \frac{РКУ =}{ИК =} \\ \hline ИРП \end{array} \quad \begin{array}{r} + \frac{КК^* =}{\Delta K =} \\ \\ \\ \hline ИК = \end{array}$$

б) при взятии $ОКРП$

$$\begin{array}{r} ОКРП = \\ + \frac{f =}{\Delta GK =} \quad (\text{выбирается на } ОРКУ). \\ \hline ИРП = \end{array}$$

Прокладка линий положения на практике выполняется несколькими способами, в зависимости от расстояния между судном и пеленгуемым радиомаяком. На малых расстояниях, при которых ортодромическая поправка составляет не более $\pm 0^\circ,3$, т. е. не превышает обычных ошибок прокладки радиопеленгов, изображения ортодромии, локсодромии и изопеленги практически сливаются (см. рис. 74). В этом случае на карте допустимо прокладывать от радиомаяков обратные ортодромические $ИРП$ в виде пря-

ИРП				Ф _{ср}						
				70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
0°	180°	180°	360°	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
10	170	190	350	56	110	167	224	334	545	1130
20	160	200	340	28	56	84	112	168	293	568
30	150	210	330	20	39	59	79	118	191	395
40	140	220	320	15	30	46	61	92	148	307
50	130	230	310	13	26	38	51	76	124	258
60	120	240	300	12	23	35	47	70	113	235
70	110	250	290	11	21	31	42	62	102	210
80	100	260	280	10	19	29	38	58	94	195
90	90	270	270	9	18	28	37	56	90	187

мых линий, которые и принимают за линии положения. Расстояния, при которых ψ не превышает $\pm 0^\circ,3$, зависят от направления радиопеленга и средней широты места судна и места радиомаяка. Предельные значения малых расстояний в милях даны в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что в широтах 60 — 70° при значениях ИРП 90 или 270° малые расстояния составляют всего 9 — 18 миль. Однако с уменьшением широты эти расстояния последовательно увеличиваются.

Расстояния, превышающие указанные в табл. 3, и до 250 — 300 миль (в средней широте) называют средними. При пеленговании на средних расстояниях необходимо учитывать ортодромическую поправку ψ . При этом в большинстве случаев допустимо в пределах требуемой точности получения обсервации прокладывать от радиомаяков не направления изопеленги $f-f$, а линии локсодромических пеленгов. Направления Лок П получают прибавлением к ИРП ортодромической поправки ψ :

$$\begin{array}{r} + \text{ ИРП} = \\ \psi = \\ \hline \text{Лок П} = \end{array}$$

Только при плавании в высоких широтах, когда ψ имеет значительную величину, при средних расстояниях прокладывают линии положения, касательные к изопеленге. Для их построения вычисляют и прокладывают от радиомаяков линии Лок П (рис. 75). Из счислимого места C опускают на эти линии перпендикуляры и через полученные определяющие точки k_1 и k_2 проводят отрезки прямых в направлении $R = \text{Лок П} + \psi$. Место судна, обозначаемое ромбом, принимают в пересечении линий положения.

При определении места судна по трем радиопеленгам на карте, как правило, образуется треугольник погрешности. Если во всех трех пеленгах предполагаются одинаковые по величине ошибки, а треугольник близок по своей форме к равностороннему,

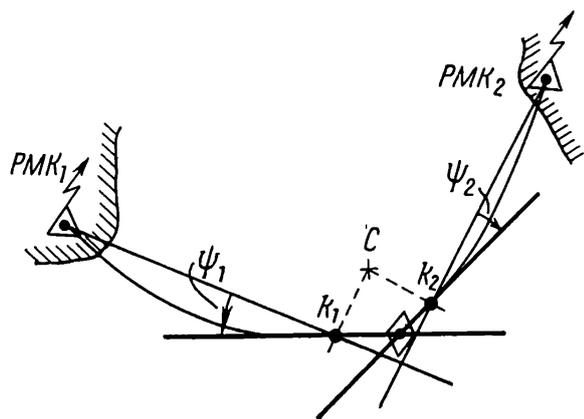


Рис. 75. Прокладка радиопеленгов при пеленговании на средних расстояниях

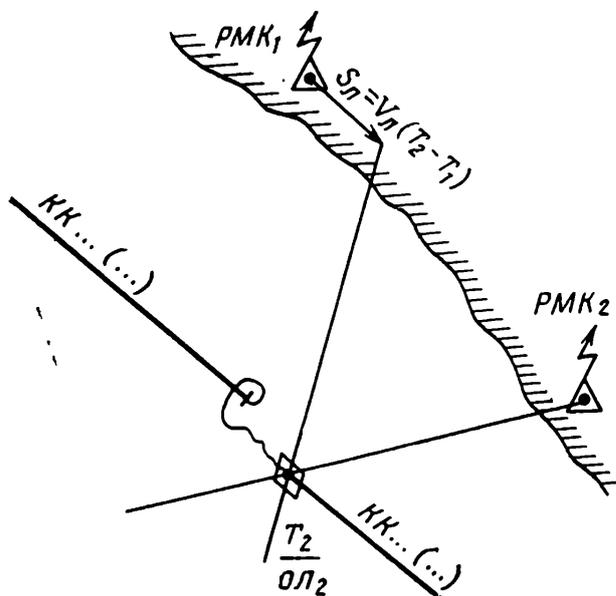


Рис. 76. Приведение радиопеленгов к одному моменту

место судна принимают в его центре. Если треугольник вытянут, то место судна принимают ближе к его меньшей стороне.

Радиопеленги берут в порядке очередности работы радиомаяков в группе с интервалами через 1,2 мин и более. При определении места по трем пеленгам общее время наблюдений может занять до 10 мин, в течение которых судно пройдет 2—3 мили. Так как неодновременное взятие радиопеленгов вызывает погрешность в полученной обсервации, то при плавании вблизи берегов их приводят к одному, обычно последнему, моменту наблюдений. Для этого от всех радиомаяков, кроме последнего, по направлению пути судна откладывают отрезки, пройденные судном за время от момента взятия данного пеленга до последнего наблюдения. Пеленги прокладывают не из точек радиомаяков, а из концов этих отрезков (рис. 76).

О точности радиопеленгования. Точность полученного по радиопеленгам обсервованного места зависит от ошибок при радиопеленговании. Рассмотрим важнейшие из них, возникающие при пользовании судовым радиопеленгатором.

Ошибка угла молчания возникает вследствие того, что человеческое ухо не способно воспринимать очень слабые звуковые сигналы. По этой причине при отыскании минимума слышимости сигнал не воспринимается в пределах некоторого сектора (угла молчания), хотя в действительности слышимость сигнала пропадает только в направлении на радиомаяк.

Антенный эффект возникает вследствие того, что антенна радиопеленгатора частично работает не только как рамка, но и как обычная открытая антенна, принимающая электромагнитную энергию со всех сторон. В результате минимум становится расплывчатым, так как сигнал слышен даже в положении указателя гонио-

метра на радиомаяк. Антенный эффект частично компенсируют при помощи дополнительной открытой антенны. С этой целью при радиопеленговании следует пользоваться специальным компенсирующим вариометром.

Ночной эффект появляется в ночное время и особенно в течение двух часов до и после восхода и захода Солнца и выражается в расплывчатости минимума, понижении слышимости и изменении направления радиопеленгов. Появление ночного эффекта объясняется дополнительным воздействием на рамочную антенну отраженной от ионосферы пространственной радиоволны. Возникающие по этой причине ошибки в пеленге называются ночными. Не рекомендуется пользоваться пеленгатором перед восходом и после захода Солнца, особенно при удалении от радиомаяка более чем на 20—25 миль.

Береговой эффект возникает при переходе радиоволны линии раздела воды и суши, когда судно находится близко от берега. Он проявляется в изменении направления радиоволны. Эти ошибки особенно заметны, если радиопеленг составляет с направлением береговой черты острый угол.

Кроме перечисленных, на точность радиопеленга влияют ошибки при отсчете *ОРКУ* или *ОКРП* по шкале гониометра, ошибки в *КК* и при расчете *ИРП*, а также ошибки в радиодевиации.

В результате суммарная средняя квадратическая ошибка определения радиопеленга даже при благоприятных условиях достигает $\pm 1—2^\circ$. Ночью ошибка может возрасти до $\pm 4—5^\circ$.

§ 57. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ПЕЛЕНГАМ СЕКТОРНЫХ РАДИОМАЯКОВ

Общие сведения о секторных радиомаяках. Данные о работе секторных радиомаяков дальнего действия приводятся в специальном отделе книг «Радиотехнические средства навигационного оборудования».

Рабочая зона секторного радиомаяка состоит обычно из 10—12 секторов по каждую сторону от линии антенн (рис. 77). В первой половине рабочего цикла секторы занимают неизменное положение. В это время передаются опознавательные сигналы и длинные тире для настройки приемника. Во второй половине цикла, продолжительность которой обычно составляет 60 или 30 с, радиомаяк передает сигналы, состоящие из 60 точек или тире. Если в каком-либо одном секторе сигнал имеет характер точек, то в соседних с ним секторах — тире. Поэтому по характеру сигналов, принятых в начале второй половины рабочего цикла, можно опознать сектор, в котором находится судно. Один сектор отделен от другого узкой равносигнальной зоной, в которой оба сигнала сливаются и, следовательно, слышен непрерывный сигнал. С момента начала рабочего цикла все секторы начинают плавно разворачиваться в одном направлении так, что к концу цикла каждый из них

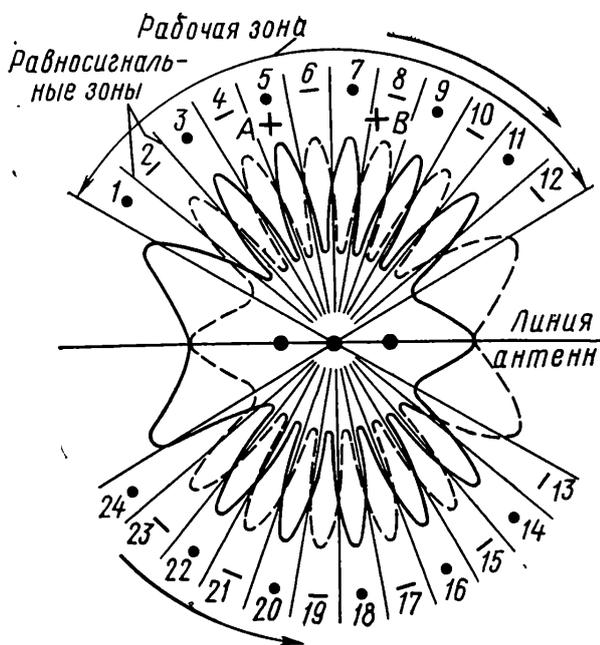


Рис. 77. Диаграмма направленности секторного радиомаяка

занимает место соседнего. В результате этого наблюдатель, находившийся в начале цикла, например, в секторе точек, сначала слышит точки, а затем, после прохода через его место равносигнальной зоны, принимает тире.

Общее число сигналов составляет 60. В зависимости от того, в какой части сектора располагается место наблюдателя, число принятых сигналов до и после прохода равносигнальной зоны будет разным. Например, если наблюдатель находился в центре сектора точек (точка А на рис. 77), то он должен услышать 30 точек и 30 тире. Если наблюдатель находился вблизи левой границы сектора тире (точка В), то он слышит, например, 5 тире, а затем 55 точек. Таким образом, вид и число сигналов, услышанных до прохода равносигнальной зоны, определяют название сектора и отстояние наблюдателя от границы сектора, т. е. его линию положения.

Изолиниями при определении места по секторным радиомаякам являются дуги больших кругов, т. е. ортодромические линии. Действительно, в рассматриваемом случае определяется ортодромический пеленг с радиомаяка на судно. Величина этого пеленга останется постоянной для любого судна, расположенного на данной ортодромии, так как радиоволна распространяется по этой же ортодромии.

Дальность действия секторных радиомаяков днем составляет до 1000 миль, ночью — до 1500 миль. Место судна в большей части обслуживаемых маяками районов определяется днем со средней ошибкой 3—5 мили, ночью ошибки возрастают в два раза и более.

Практическое выполнение определения места по секторным радиомаякам. При определении места обычно используют два секторных радиомаяка. В некоторых случаях маяки работают в группе, т. е. ведут передачу последовательно на одной частоте. Сигналы радиомаяков можно принимать при помощи судового радиоприемника связи или приемника радиопеленгатора, переключенного на вертикальную антенну. Для районов, обслуживаемых секторными радиомаяками, издаются специальные радионавигационные карты с нанесенной на них сеткой ортодромических пеленгов радиомаяков (рис. 78). Место судна на такой карте определяют в следующей последовательности:

1) выбирают из книги РТСНО сведения о радиомаяках, обслуживающих район плавания;

2) настраивают на частоту работы радиомаяка судовой приемник;

3) прослушав опознавательный сигнал и длинное тире, ведут на слух счет знаков N_1 , следующих за длинным тире до прохождения равносигнальной зоны, а затем знаков N_2 — до конца передачи. Эти действия повторяют при работе со вторым маяком.

При появлении равносигнальной зоны часть знаков теряется. Поэтому уточняют число знаков N , услышанных до прохождения равносигнальной зоны, прибавляя поправку, равную половине недостающего числа знаков,

$$N = N_1 + \frac{60 - (N_1 + N_2)}{2}. \quad (40)$$

Откорректированное число знаков N соответствует моменту прохождения через судно середины равносигнальной зоны;

4) наносят на радионавигационную карту счислимое место судна и определяют по нему секторы. При определении секторов руководствуются также тем, что вид сектора (точек или тире) одинаков с видом знаков, принятых до прохождения равносигнальной зоны. В секторах находят линии пеленгов, обозначенных цифрами, соответствующими принятому числу сигналов N . При необходимости осуществляют линейную интерполяцию между линиями. Место судна, полученное в пересечении двух линий пеленгов, переносят на путевую карту.

Пример 26. Северное море. В $T_c = 13.00$, находясь по счислению в точке $\varphi_c = 53^\circ 13', 5N$ и $\lambda_c = 3^\circ 34', 0 O^{st}$ и следуя $ИК = 200^\circ$, $V = 16$ уз, приняли сигналы секторных радиомаяков: Ставангер—21 тире и 35 точек и Бушмилс—50 тире и 4 точки. Определить φ_0 и λ_0 .

Решение.

1. Уточняем сосчитанное число знаков:

$$\text{Ставангер} \quad N = 21 + \frac{60 - (21 + 35)}{2} = 23 \text{ тире};$$

$$\text{Бушмилс} \quad N = 50 + \frac{60 - (50 + 4)}{2} = 53 \text{ тире}.$$

2. По радионавигационной карте (см. рис. 78) определяем obserвованные координаты: $\varphi_0 = 53^\circ 09', 2N$; $\lambda_0 = 3^\circ 27', 5 O^{st}$.

При отсутствии специальных радионавигационных карт место судна может быть определено на обычной навигационной карте

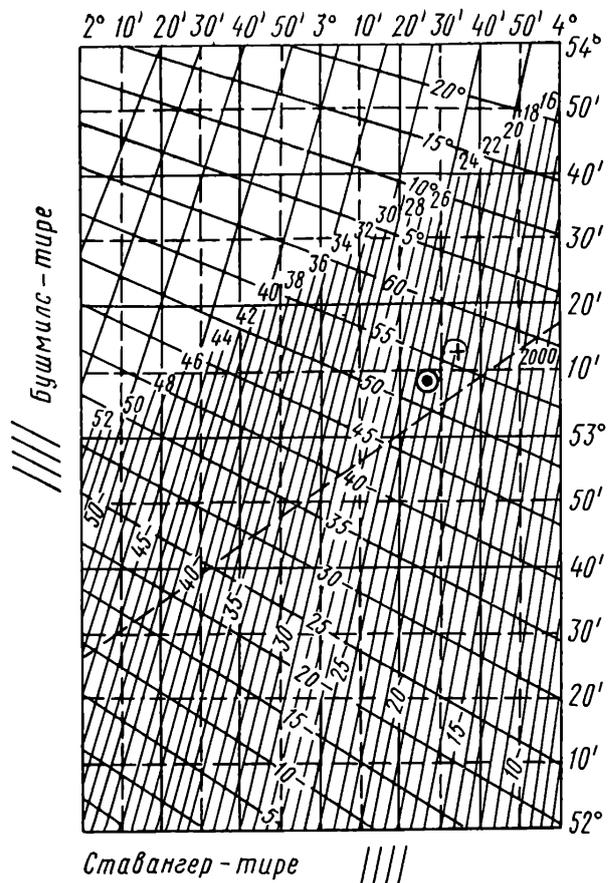


Рис. 78. Фрагмент радионавигационной карты

прокладкой радиопеленгов, выбираемых из таблиц в Р/ТСНО. Для каждого радиомаяка в РТСНО даются две таблицы — при нахождении судна в секторах точек и в секторах тире. В нужную таблицу входят с номером сектора, который находят по численным координатам судна по схеме радиомаяка, и откорректированным числом сигналов. Пеленги в таблицах даются ортодромические с радиомаяка на судно. Для прокладки на меркаторской карте их переводят в локсодромические: $Лок П = Орт П + \psi$.

Ортодромическая поправка в северной широте дается, если судно расположено к O^{st} от радиомаяка и вычитается, если судно — к W . Для получения ψ удобно пользоваться таблицами, помещенными в РТСНО для каждого радиомаяка.

Пример 27. Северное море. Радиомаяк Бушмилс. В $T_c = 08.00$, находясь по счислению в точке $\varphi_c = 54^\circ 15', 0N$ и $\lambda_c = 4^\circ 20', 0O^{st}$, приняли 40 точек и 16 тире. Определить Лок П с радиомаяка на судно.

Решение.

$$1. N = 40 + \frac{60 - 56}{2} = 42 \text{ точки.}$$

2. Из РТСНО Северного Ледовитого и Атлантического океанов получили: сектор A_3 точек

$$Орт П = 93^\circ, 0$$

$$\psi = + 4^\circ, 4$$

$$3. Лок П = 93, 0 + 4, 4 = 97^\circ, 4.$$

По радиопеленгам, полученным из таблиц, место судна определяется с достаточной точностью при расстоянии от радиомаяков до 300 миль.

§ 58. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА С ПОМОЩЬЮ СУДОВОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Основные технические характеристики РЛС. Судовая радиолокационная станция позволяет судоводителю независимо от времени суток и состояния видимости брать пеленги и измерять расстояния до различных ориентиров, а также видеть на экране индикатора окружающую местность в плане. Для эффективного использования РЛС судоводитель должен знать технические возможности радиолокатора и учитывать особенности изображения наблюдаемых объектов на экране. Навигационное использование станции связано с такими техническими характеристиками, как дальность обнаружения объектов, точность радиолокационного пеленгования и измерения расстояний.

Радиоволны сантиметрового диапазона, применяемые в радиолокации, распространяются подобно световым волнам, однако они имеют несколько большую способность к преломлению. Для нор-

мального состояния атмосферы, дальность радиолокационного горизонта выражается формулой

$$D = 2,2\sqrt{H}, \quad (41)$$

где D — дальность радиолокационного горизонта, мили;
 H — высота антенны РЛС, м.

Геометрическая дальность обнаружения объекта, имеющего определенную высоту над уровнем моря, может быть подсчитана по формуле

$$D = 2,2(\sqrt{H} + \sqrt{h}), \quad (42)$$

где h — высота объекта над уровнем моря, м.

На практике такая дальность обнаружения возможна лишь для объектов, имеющих хорошую отражательную способность. Сила эхо-сигнала зависит от размеров и формы предмета, а также от характера его поверхности. Лучшую отражательную способность имеют крупные объекты, имеющие неровную поверхность и расположенные перпендикулярно направлению радиолуча. Очень малые объекты, а также объекты с плохой отражательной способностью, могут вообще не обнаруживаться на экране. Для улучшения отражательной способности буев, вех или низменной береговой черты, на них устанавливают пассивные отражатели, изготовляемые из листового металла. Наибольшее применение нашли уголкового отражатели.

Наблюдениями установлена приближенная дальность обнаружения объектов с помощью РЛС (высота антенны 15 м):

Холмы и горы	15—40 миль
Скалы	До 20 миль у скал высотой 60 м
Отдельно расположенные маяки, причалы, волноломы	5—10 миль
Буи	0,5—6 миль в зависимости от типа буя
Буи с пассивными отражателями	6—8 миль
Низменный песчаный берег	1—5 миль
Небольшие деревянные суда	1—4 мили
Суда водоизмещением 1000 т, плавмаяки	6—10 миль
Крупнотоннажные суда	10—20 миль

При плавании в узкостях большое значение имеет знание минимальной дальности действия РЛС, т. е. того наименьшего расстояния, при котором можно получить изображение объектов на экране. Она зависит от длительности импульса, высоты установки антенны и ширины диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости. В зависимости от значения этих параметров минимальная дальность действия судовых РЛС составляет 30—80 м. Ее определяют опытным путем по замерам расстояний до удаляющейся от судна шлюпки в моменты появления ее эхо-сигналов на индикаторе РЛС. Наблюдения проводят на ряде

курсовых углов, пока шлюпка не обойдет вокруг судна. Границы зоны минимальной дальности действия РЛС вычерчивают в принятом масштабе. На этом же плане обычно наносят границы *теневых секторов* радиолокационного горизонта, в которых вследствие затенения радиолокационного луча мачтами, трубами или другими судовыми устройствами получить эхо-сигналы невозможно.

Для определения места судна могут быть использованы радиолокационные пеленги опознанных на экране РЛС объектов или расстояния до этих объектов. Радиолокационные пеленги измеряют при помощи механического или электронного визира, устанавливаемого над серединой эхо-сигнала. Истинный пеленг на объект находят затем путем исправления радиолокационного пеленга поправкой гирокомпаса. Если РЛС не имеет ориентации по норду, то измеряют *КУ* эхо-сигнала, который переводят в *ИП*. Точность полученного истинного пеленга даже в благоприятных случаях не превышает $\pm 1^{\circ}, 5$.

Для повышения точности пеленгования рекомендуется использовать для определения места точечные ориентиры. Пеленги следует брать на обрывистые оконечности, направленные перпендикулярно к визирной плоскости. Ошибка в пеленге будет тем меньше, чем дальше располагается эхо-сигнал от центра экрана, поэтому при взятии пеленгов следует использовать шкалу наиболее крупного масштаба.

Радиолокационное измерение расстояний в большинстве случаев производится с помощью подвижного круга дальности (ПКД). Точность измерений характеризуется средней квадратической ошибкой, которая для исправной РЛС на разных шкалах составляет:

На шкале 5 миль—	0,1	кб
» » 15 »	—0,3	»
» » 30 »	—0,5	»

Расстояние до объекта можно определить на глаз по неподвижным кругам дальности (НКД). При этом способе ошибка расстояния составляет в среднем 0,1 интервала между соседними кругами. Для повышения точности наблюдений расстояния следует измерять до выдающихся частей берега, направленных к судну. В большинстве случаев точность радиолокационного измерения расстояний значительно выше точности радиолокационного пеленгования, что необходимо иметь в виду при определении места судна. Только на малых расстояниях, не превышающих 0,5 мили, линия пеленга не уступает по точности измеренному расстоянию.

Условием правильного определения места судна с помощью РЛС является уверенное опознание объектов на экране индикатора. Наиболее точно могут быть опознаны объекты, называемые точечными ориентирами. К ним относятся обозначенные на карте небольшие островки, отдельно лежащие камни, скалы, плавучие знаки навигационного ограждения, оконечности молов и причалов; а также радиолокационные маяки-ответчики.

Маяки-ответчики устанавливаются на плавучих и береговых маяках для увеличения дальности их обнаружения. Они имеют приемную и передающую радиоаппаратуру. Передатчик маяка начинает излучать кодированные импульсы-сигналы только при попадании в зону действия работающей судовой РЛС. На экране судового радиолокатора эхо-сигналы маяка изображаются в виде нескольких концентрических дуг. При измерении расстояния до эхо-сигнала маяка-ответчика необходимо вводить поправку, выбираемую из справочника.

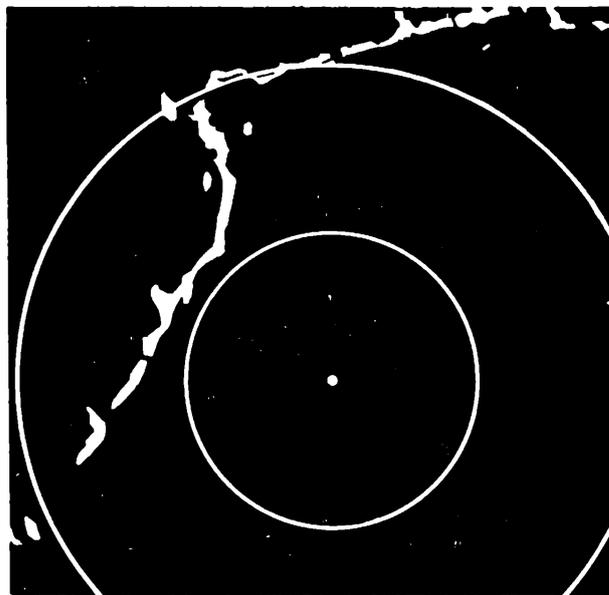


Рис. 79. Изображение обрывистого берега на экране индикатора

Хорошее изображение, отвечающее по форме очертаниям берега на карте, дают высокие обрывистые берега (рис. 79). Такой берег может быть опознан достаточно уверенно. Следует помнить, что низменные песчаные мысы, плоское побережье, покрытые снегом пологие берега, плавучий лед рассеивают энергию и могут не давать эхо-сигналов. В результате этого возвышенные полуострова, соединяющиеся с основным берегом низкими перешейками, могут изображаться на экране РЛС как острова. Если мыс имеет пляж, за которым лежит обрывистый склон, то при пеленговании или измерении расстояния до такого мыса легко ошибиться, так как урез воды на определенных расстояниях радиолокатор не обнаружит. Ошибки при измерении расстояний до берега особенно вероятны в морях, имеющих низкие берега и значительные колебания уровня воды.

Для опознания берега при плавании в наиболее важных районах применяют радиолокационные карты. Они могут состояться из ряда последовательных фотографий экрана РЛС, сделанных при плавании вдоль побережья (мозаичные карты), или путем нанесения дополнительной радиолокационной нагрузки непосредственно на навигационные карты. Такая дополнительная нагрузка позволяет судить об отражательной способности отдельных участков побережья.

Опознавание ориентиров при подходе к берегу. Задачей судоводителя при подходе судна к берегу является опознавание местности, для этого используют и РЛС. Обычно на расстоянии от 15 до 8 миль изображение на экране индикатора достаточно верно передает очертания береговой черты, что позволяет сопоставлять его с картой.

Если на побережье имеются приметные для радиолокационных наблюдений ориентиры, то для их опознания применяют способ веера. С экрана РЛС в быстрой последовательности получают

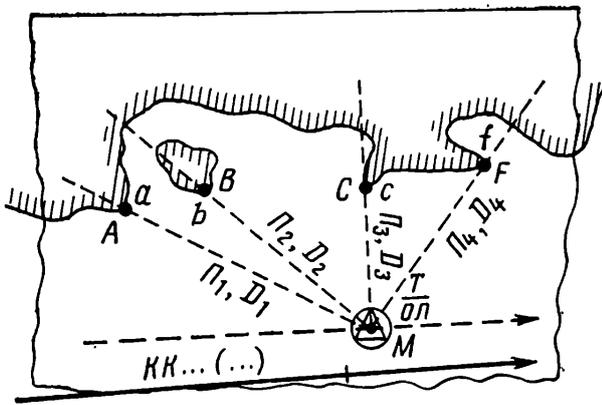


Рис. 80. Оповнение ориентиров по вееру пеленгов и расстояний

вблизи счислимого места, перемещают его, сохраняя параллельность линии пути, пока нанесенные на кальку точки не совместятся с характерными точками береговой черты A, B, C, F .

Для достоверного опознания местности следует провести два-три повторных наблюдения тех же объектов. Если и при повторных совмещениях вееров пеленгов и расстояний с ориентирами будут получены совпадающие результаты, то берег можно считать опознанным. Точка M , перенесенная с кальки на карту, укажет приближенное место судна.

Определение места судна по радиолокационным расстояниям.

Если на экране РЛС можно выбрать два или три удачно расположенных точечных или характерных ориентира, то место судна может быть получено по измеренным до этих ориентиров радиолокационным расстояниям. Проведя наблюдения, находят на карте ориентиры, соответствующие эхо-сигналам, от которых наносят вблизи счислимого места судна засечки радиусами, равными измеренным расстояниям в масштабе карты. Место судна получают в пересечении засечек (рис. 81, а).

Если на экране индикатора имеется изображение ровной береговой черты, не имеющей характерных выступающих мысов, и одного точечного ориентира, то место судна получают следующим приемом (рис. 81, б). Измерив расстояние D_1 до точечного объекта, подводят подвижной круг дальности касательно к кромке берега, т. е. измеряют кратчайшее расстояние D_2 до береговой черты. От точечного ориентира радиусом D_1 проводят на карте дугу aa' . Взяв циркулем расстояние D_2 , находят на дуге aa' такое положение острия циркуля, при котором карандаш опишет окружность bb' , касательную к береговой черте. Место накола острия циркуля будет соответствовать положению судна.

Место судна может быть получено также по кратчайшим расстояниям до двух участков ровной береговой черты (рис. 81, в). Для этого измеряют расстояния D_1 и D_2 до ближайших очертаний берегов. От произвольной точки M на кальке прокладывают линию пути судна и дуги окружностей радиусами, равными D_1 и D_2 . Наложив кальку на карту, перемещают ее параллельно линии пути, пока обе дуги окружностей не коснутся береговой черты.

несколько пеленгов и соответствующих им расстояний до таких объектов. На кальке от произвольной точки M (рис. 80), обозначающей место судна, прокладывают линию пути и исправленные пеленги ориентиров (Π_1, Π_2, \dots).

По линиям пеленгов в масштабе карты откладывают измеренные расстояния (D_1, D_2, \dots) и получают ряд точек: a, b, c, f и т. д. Наложив кальку на карту

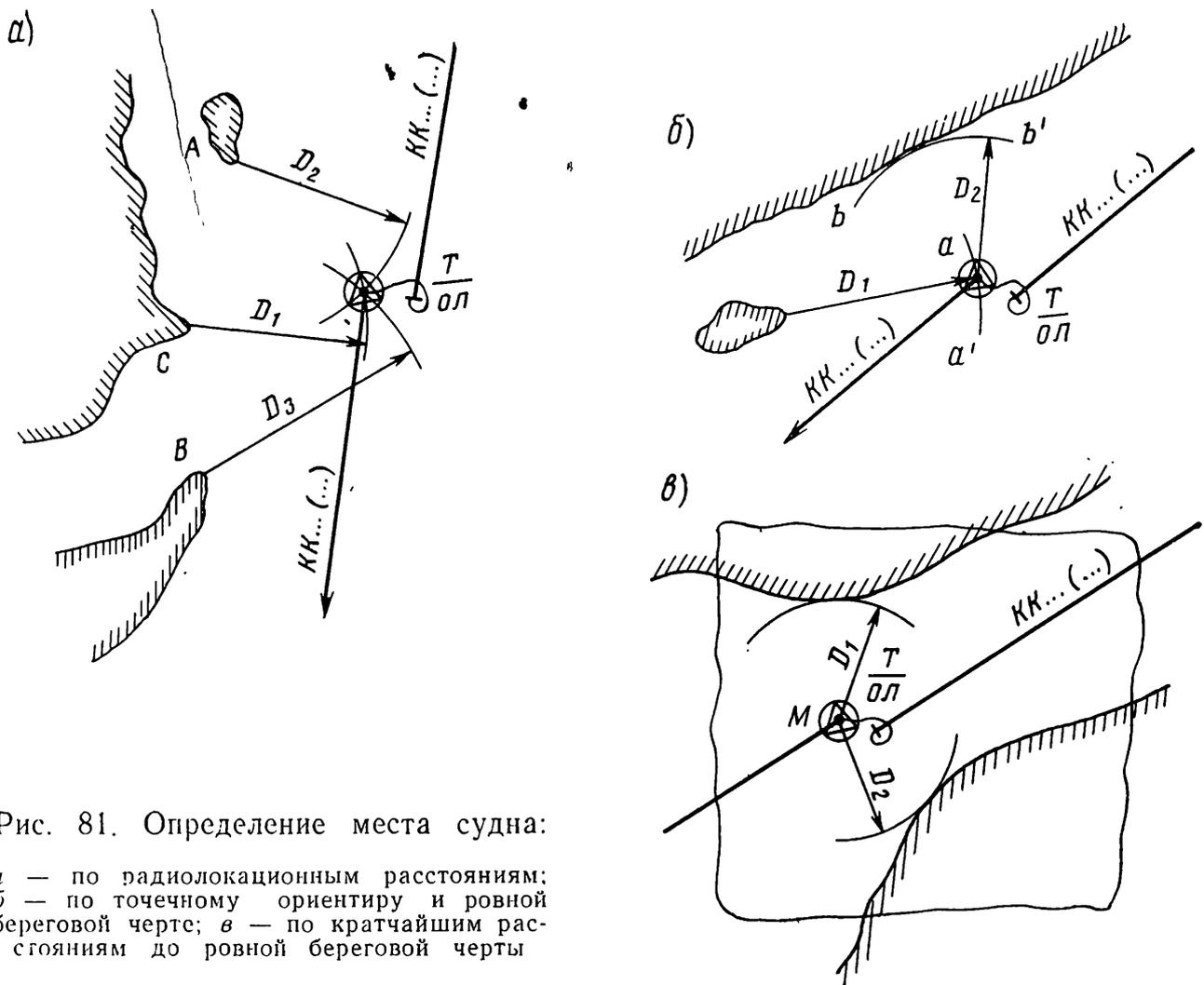


Рис. 81. Определение места судна:

а — по радиолокационным расстояниям;
б — по точечному ориентиру и ровной береговой черте;
в — по кратчайшим расстояниям до ровной береговой черты

Точка *М* будет местом судна. Этот способ применяется, если берега не параллельны друг другу.

Во всех случаях судоводитель должен стремиться определять место судна по трем расстояниям, что дает возможность по величине треугольника погрешностей выявить возможные ошибки в наблюдениях или опознании объектов. Для уменьшения ошибок от одновременного измерения расстояний рекомендуется первыми измерять расстояния до объектов, находящихся вблизи траверза. В последнюю очередь измеряют расстояния до ориентиров, расположенных на курсовых углах, близких к 0 и 180° , замечая время и отсчет лага.

Определение места судна по радиолокационному расстоянию и визуальному пеленгу. На практике широко применяют комбинированный способ определения места по радиолокационному расстоянию и визуальному пеленгу. Если пеленг и расстояние измерены до одного и того же точечного ориентира, то определение места выполняется в том же порядке, что и при визуальных наблюдениях.

Часто пеленгуемый маяк располагается на мысу в некотором удалении от берега. Тогда расстояние на экране РЛС измеряется не до маяка, а до лежащей перед ним береговой черты. В этом случае измеренное расстояние откладывают по линии пеленга от уреза воды.

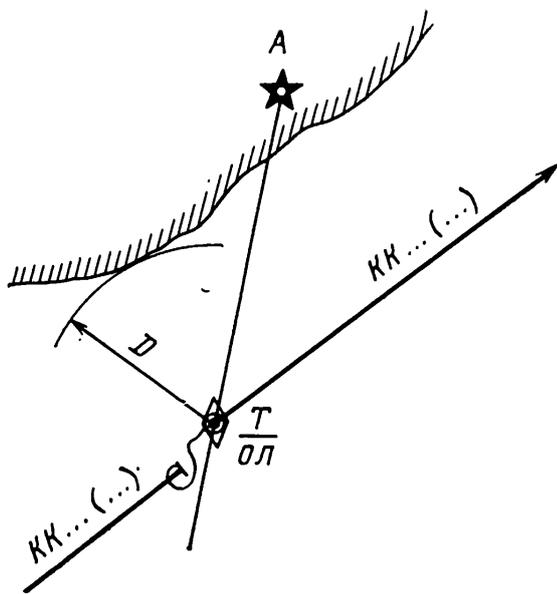


Рис. 82. Определение места судна по радиолокационному расстоянию и визуальному пеленгу

Когда в районе пеленгуемого объекта берег не имеет характерных ориентиров, измеряют кратчайшее расстояние D до береговой черты. Исправив и проложив на карте линию визуального пеленга (рис. 82), растворяют ножки циркуля в масштабе карты на расстояние D . Находят такое положение острия циркуля на линии пеленга, при котором вторая ножка опишет дугу, касательную к береговой черте. Место судна будет находиться в точке накола острия циркуля.

Иногда при отсутствии видимости визуальный пеленг заменяют радиолокационным. Однако из-за недостаточной точности радиолокационного пеленгования полученное место судна нельзя считать надежным.

§ 59. ПОНЯТИЕ О ФАЗОВЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ (РНС)

Фазовые радионавигационные системы. Принцип работы фазовой РНС основан на измерении на судне разности фаз незатухающих колебаний, излучаемых двумя береговыми радиостанциями. Для измерения разности фаз на судах устанавливаются приемоиндикаторы (фазометры). Береговые радиостанции — ведущая A и ведомая B (рис. 83) — одновременно излучают синхронизированные колебания. Если судно находится на одинаковом расстоянии от обеих станций, то их сигналы будут приняты в одинаковой фазе, т. е. разность фаз будет равна нулю. Этому случаю соответствует линия положения судна $a-a'$, имеющая вид прямой, перпендикулярной к базовой линии AB .

При некотором удалении судна от этой линии фазы принятых сигналов будут различны, т. е. разность фаз не будет равна нулю. Разность фаз зависит только от разности расстояний до станций A и B . Известно, что кривая, для которой разность расстояний до двух данных точек есть величина постоянная, имеет вид гиперболы. Таким образом, зафиксированная фазометром разность фаз соответствует вполне определенной гиперболе, являющейся изолинией судна.

Разность фаз колебаний излучения станций A и B может составлять определенное число полных фазовых циклов и дробную часть. Гиперболы, на которых разность расстояний равна целому числу длин волн λ , а дробная часть равна нулю, называются главными. Так как фазометр определяет только величину разности дробных частей циклов, в том числе и нулевую, то при отыскании изолинии получается многозначность решения.

Главные гиперболы являются границами пространства, в пределах которого отсчеты могут повторяться. Эти участки называются дорожками. Чтобы устранить многозначность, необходимо определить нужную дорожку, в пределах которой находится судно. Это может быть выполнено первоначальной привязкой в начале плавания. В современной приемоиндикаторной аппаратуре для определения номера дорожки предусмотрена специальная система опознавания. Таким образом, в результате проведенных на судне измерений получают номер дорож-

ки, а по фазометру — гиперболу, т. е. положение судна внутри дорожки. По этим данным на радионавигационной карте района плавания отыскивают изолинию, соответствующую полученным отсчетам.

Место судна может быть получено в пересечении двух или более изолиний. Поэтому в РНС включают три или четыре береговых станции, одна из которых ведущая, а остальные ведомые. Ведущая станция с каждой из ведомых образует пару. Каждая цепь РНС образует обычно три семейства гипербол (по числу ведомых станций). Гиперболы нанесены на специальные радионавигационные карты и используются в качестве изолиний при определении места судна. Каждой паре станций присваивается определенный цвет: фиолетовый, красный или зеленый. В такой же цвет окрашиваются шкалы фазометров и изолинии на карте. Фазовая РНС получила за рубежом название «Декка». Для приема сигналов РНС на советских судах устанавливаются приемоиндикаторы «Пирс-1».

Дальность действия РНС «Декка» составляет около 300 миль, точность определения места днем — от 50 до 200 м, а ночью — до 2000 м. Районы действия РНС «Декка» указаны на схемах в книгах РТСНО.

Импульсные радионавигационные системы. Импульсная РНС основана на измерении промежутка времени между моментами прихода на судно кратковременных импульсов, излучаемых двумя береговыми станциями (ведущей и ведомой). Сигналы от обеих станций принимаются на судне и подводятся к специальному приемоиндикатору, который дает возможность измерить промежутки времени между сигналами.

Время запаздывания импульса ведомой станции зависит только от разности расстояний между судном и станциями. Следовательно, изолиния судна, соответствующая данной разности расстояний, изображается гиперболой.

Импульсная РНС включает в себя ведущую и две или три ведомые станции, образующие пары с ведущей станцией, судовой приемоиндикатор в виде электронно-лучевой трубки, а также специальные радионавигационные карты с сетками изолиний — гипербол, оцифрованных в микросекундах. Сетки изолиний для разных пар станций нанесены на картах разными цветами.

Из проведенных измерений получают по приемоиндикатору отсчеты времени запаздывания для двух или трех пар станций. По этим данным на радионавигационной карте отыскивают две или три изолинии, в пересечении которых получают obserвованное место судна.

За рубежом импульсная РНС получила название «Лоран-А». Дальность действия этой системы до 600—900 миль днем и до 1400 миль ночью. Точность определения места у них ниже, чем у фазовых систем. Для приема сигналов импульсных РНС на советских судах устанавливаются отечественные приемоиндикаторы КПИ-3М и КПИ-4.

Расположение РНС «Лоран-А» приведено на схемах, помещенных в книгах РТСНО.

Кроме системы «Лоран-А», в настоящее время в северной части Атлантического океана, а также на Тихом океане используется радионавигационная система «Лоран-С». Эта система является импульсно-фазовой, так как принцип ее работы основан на измерении промежутка времени между моментами прихода импульса от ведущей и ведомой станций, а также на измерении разности фаз высокочастотных колебаний, заполняющих импульс. Импульсным методом грубо определяется линия положения с целью устранения многозначности, а более точным фазовым находят точную изолинию судна.

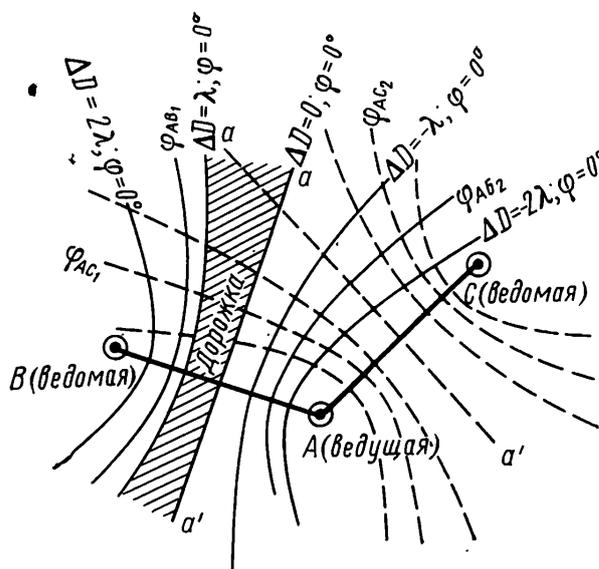


Рис. 83. Принцип действия фазовой РНС

Изолиниями РНС «Лоран-С» являются гиперболы; обычно цепь этой РНС образует два-три семейства гипербол (по числу ведомых станций). Изолинии нанесены на радионавигационные карты.

Дальность действия РНС «Лоран-С» до 2000 миль, а точность определения места, как у фазовой системы. Схемы расположения станций приводятся в книгах РТСНО.

Глава VIII

ПЛАВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПРИ ОСОБЫХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ

§ 60. ПЛАВАНИЕ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ

К особым обстоятельствам относят случаи плавания судна в условиях ограниченной видимости, в стесненных навигационных условиях и во льдах.

Особенности плавания при ограниченной видимости (во время тумана или интенсивных осадков) определяются тем, что визуальные наблюдения затруднены или невозможны. Судоводитель лишен возможности уточнять место судна путем визуальных обсерваций и контролировать безопасность плавания по знакам плавучего ограждения. При ограниченной видимости значительно возрастает также возможность столкновения со встречными судами.

В этих условиях должны приниматься необходимые меры предосторожности, что особенно важно при плавании вблизи от навигационных опасностей и в районах интенсивного судоходства.

Перед входом в полосу тумана судоводитель должен предупредить капитана, по возможности точно определить место судна, уточнить поправку компаса, уменьшить скорость судна до умеренной, включить РЛС и начать радиолокационное наблюдение, опробовать звуковые средства туманной сигнализации и начать подавать туманные сигналы, установленные МППСС. Вахта в машинном отделении должна быть предупреждена о возможности реверсов, а на баке необходимо выставить впередсмотрящего.

Следует обратить особое внимание на точность ведения графического счисления, тщательно учитывать поправки навигационных приборов и инструментов, элементы течения и дрейфа. Для уточнения своего местоположения должна использоваться любая возможность.

В настоящее время в этих целях широко применяются радионавигационные приборы и системы. В навигационно опасных районах радиолокация, в частности, является основным средством, обеспечивающим плавание при малой видимости. Однако возможности радиотехнических средств нельзя переоценивать. Судоводитель обязан использовать все выработанные практикой судовождения средства предосторожности. Это в первую очередь касается

районов, не обеспеченных береговыми радионавигационными системами и не имеющих приметных радиолокационных ориентиров.

При плавании в прибрежных районах курсы судна следует прокладывать на безопасных расстояниях от берегов и навигационных опасностей, они не должны пересекать намеченной предостерегательной изобаты. Для контроля безопасности плавания необходимо как можно чаще измерять глубины. При резком и неожиданном уменьшении глубины следует остановить машину. При приближении к берегу якоря должны быть подготовлены к отдаче, а для обнаружения опасной для судна глубины якоря стравливаются. Необходимо вести наблюдение за звуковыми туманными сигналами, предупреждающими о приближении к опасности. При этом следует помнить об особенностях в распространении воздушных звуковых сигналов.

Если по курсу судна имеются отличительные глубины и характерно изогнутые изобаты, то место судна может быть опознано по измерению глубин. Для этого рассчитывают промежуток времени, необходимый для прохождения расстояний между глубинами, нанесенными на карте. Через рассчитанные промежутки времени измеряют 10—12 глубин, замечая каждый раз время и *ол*. На листе кальки проводят меридиан, параллель и линию пути судна. По линии пути в масштабе карты откладывают точки, в которых измерялись глубины. Рядом с точками записывают полученную глубину, время и *ол*. Наложив кальку на карту в районе численного места, передвигают ее так, чтобы линии меридиана, параллели и пути на кальке и карте сохранили параллельность. Находят такое положение кальки, при котором глубины в нанесенных на ней точках окажутся равными или близкими к глубинам на карте. Место последней совпавшей глубины дает приближенное (опознанное) место судна, соответствующее времени ее измерения.

В морях с приливами измеренные глубины должны приводиться к нулю глубин. В некоторых случаях глубины, показанные на карте, могут отличаться от измеренных примерно на одну и ту же величину. Это может быть следствием неверной поправки эхолота или случайных колебаний уровня моря.

§ 61. ПЛАВАНИЕ В СТЕСНЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Наставление по организации штурманской службы на судах морского флота обязывает судоводителей проводить заблаговременную подготовку к плаванию в стесненных условиях (по шхерам, проливам, фарватерам, каналам, при проходе узкостей и подходе к портам). Эта подготовка проводится под руководством капитана.

На предстоящий район плавания подбирают планы и частные карты масштаба не мельче 1:50 000. При плавании в шхерах следует подобрать два комплекта карт с расчетом иметь одну карту

в рубке, другую — на ходовом мостике. Карты должны быть подготовлены к плаванию. На них выделяют основные ориентиры, районы опасных глубин, участки с сильными течениями. Курсы выбирают и прокладывают заранее, желательно по створам. Рекомендуется рассчитать время нахождения на каждом курсе.

По руководствам для плавания тщательно изучают систему навигационного оборудования, внешний вид знаков ограждения, рекомендованные курсы. В зависимости от того, как огражден тот или иной фарватер, подбирают ведущие и секущие створы, рассчитывают точки поворота с курса на курс с учетом диаметра циркуляции, подбирают по карте ориентиры для определения мест поворота, рассчитывают ведущие пеленги огней секторных маяков. Изучают также местные правила плавания, направления и скорости приливо-отливных течений. На случай вынужденного ожидания светлого времени суток или улучшения погоды подбирают места возможных якорных стоянок.

Перед входом в канал, пролив, шхерный фарватер или узкость необходимо заранее предупредить вахтенного механика о готовности к немедленному изменению хода, проверить рулевое управление, исправность навигационных огней и средств сигнализации и подготовить якоря к немедленной отдаче. На руле нужно поставить опытного рулевого.

Средства плавучего навигационного ограждения могут быть снесены штормом со штатных мест, поэтому перед входом в узкость, канал или шхерный фарватер, а также при следовании по ним, следует по возможности точно определять свое обсервованное место по береговым ориентирам.

Для определения места судна следует использовать как визуальные, так и радиолокационные методы. При плавании по фарватерам необходимо учитывать поправки на снос от ветра и течения, замечать и записывать моменты прохода траверзов приметных береговых ориентиров и буев. Судно должно следовать по оси канала или фарватера. В местах, где огражденные буями фарватеры проходят близко один от другого, необходимо особенно внимательно следить за внешним видом знаков ограждения, чтобы не перепутать их со знаками соседнего фарватера. При переходе с одного колена фарватера на другое не должны срезаться углы.

Во время следования узкостями можно измерять расстояния до берегов по их эхо-сигналам на экране РЛС. Однако необходимо правильно оценивать возможности изображения береговой черты на экране, что зависит от характера берега.

Быстрое изменение пеленгов и расстояний до ориентиров при плавании в узкостях не всегда позволяет применить обычные способы визуальных или радиолокационных определений места судна. Поэтому для обеспечения безопасности плавания применяют метод ограждающих изолиний.

Горизонтальный угол опасности. На берегу, вблизи которого располагаются подводные препятствия, выбирают два ориентира, нанесенные на карту (*A* и *B* на рис. 84). Через эти

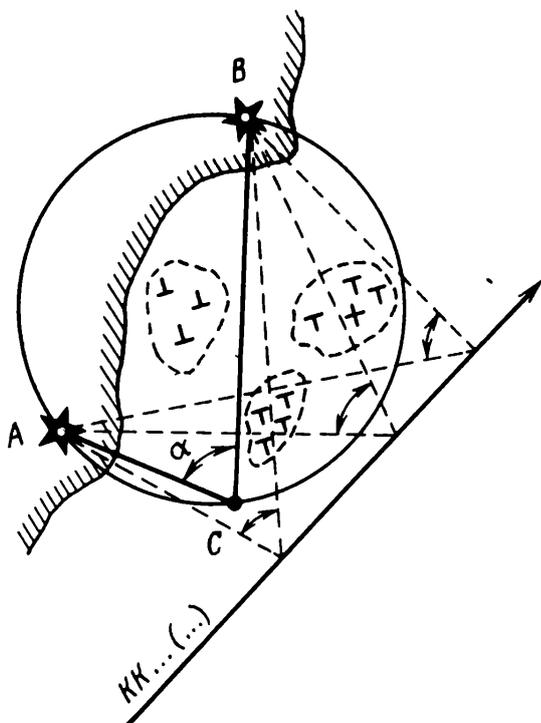


Рис. 84. Горизонтальный угол опасности

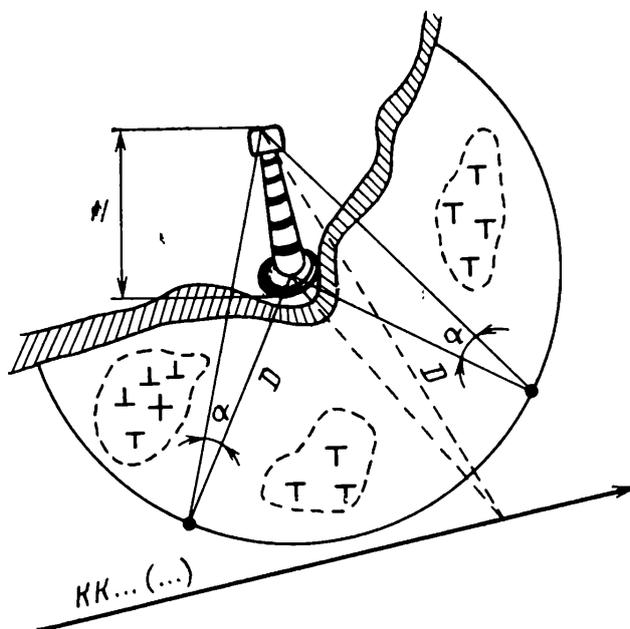


Рис. 85. Опасное расстояние и вертикальный угол опасности

ориентиры проводят окружность таким радиусом, чтобы внутри нее оказались все опасности и часть свободного от опасностей водного пространства. Берут на окружности произвольную точку C , которую соединяют с ориентирами A и B . Измеряют транспортиром вписанный горизонтальный угол $ACB = \alpha$, который и является углом опасности.

Проходя в районе ориентиров, измеряют секстаном горизонтальный угол между направлениями на предметы A и B . Если этот угол последовательно увеличивается, то судно приближается к опасности. Если измеренный угол становится равным опасному углу α , то это означает, что судно находится на окружности опасности и, следовательно, необходимо изменить курс в сторону от нее. Когда измеряемый угол начнет последовательно уменьшаться, то это будет означать, что судно миновало опасность.

Опасное расстояние применяется при следовании в районе подводных препятствий, если вблизи имеется какой-либо ориентир (мыс, скала и т. д.), расстояние до которого может быть измерено на экране РЛС. Из точки, соответствующей положению ориентира, описывают на карте окружность таким радиусом, чтобы все опасности оказались внутри нее (рис. 85). Радиус D этой окружности, измеренный на карте, является опасным расстоянием. При плавании следят, чтобы измеряемое на экране РЛС расстояние до объекта не оказалось меньше опасного.

Вертикальный угол опасности применяют, если вблизи подводных препятствий имеется нанесенный на карту ориентир (маяк, знак), высота которого над уровнем моря известна (см. рис. 85). Из места этого ориентира, как из центра, описывается окружность, включающая в себя весь район расположения

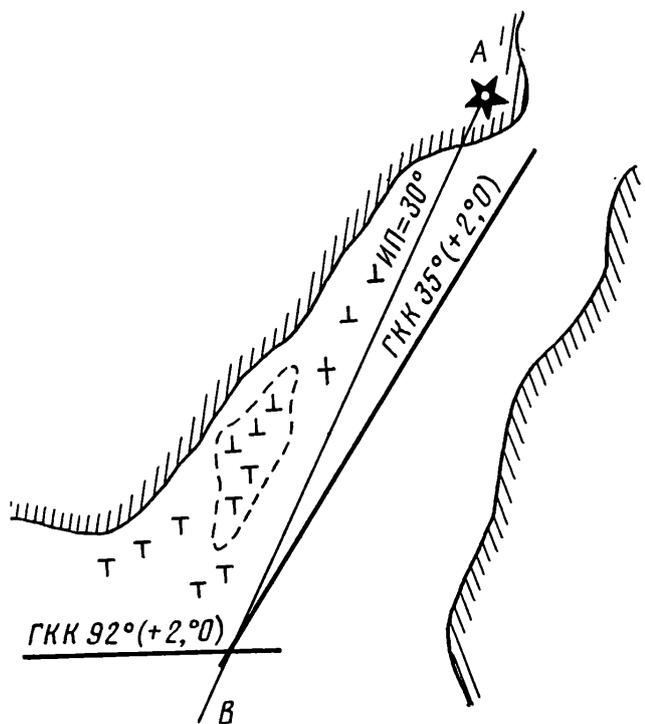


Рис. 86. Опасный пеленг

опасностей. По измеренному на карте радиусу окружности D в милях и высоте ориентира h в метрах рассчитывают величину опасного угла α , под которым с окружности усматривается ориентир,

$$\alpha' = \frac{13}{7} \frac{h_m}{D_{\text{мили}}}.$$

При плавании следят, чтобы измеряемый последовательно секстаном вертикальный угол берегового ориентира не оказался больше опасного угла. Получаемые на секстане отсчеты измеряемого угла исправляют поправкой индекса секстана.

Опасный пеленг широко применяют для обеспечения безопасности плавания в стес-

ненных навигационных условиях. Линию пеленга, ограждающего район опасности, наносят на карту заблаговременно. Снятый с карты истинный пеленг переводят в компасный ($КП = ИП - \Delta К$). При плавании следят, чтобы взятые последовательно компасные пеленги на намеченный ориентир были больше (или меньше) опасного.

Например (рис. 86), для безопасного прохода узкостью ограждают линией опасного пеленга расположенные у ее западного берега подводные камни и мели. Линия опасного пеленга AB проводится от намеченного объекта так, чтобы к западу от нее оказались все опасности, а также часть свободного от препятствий водного пространства. Судно до входа в узкость следует $ГКК = 92^\circ, 0 (+2^\circ, 0)$. Снятый с карты опасный $ИП = 30^\circ$ переводят в $ГКП = 28^\circ$. Следуя $ГКК = 92^\circ$, судоводитель следит за изменением компасного пеленга ориентира A . Когда отсчет пеленга по гирокомпасу станет равным 28° , поворачивают на новый курс, заранее проложенный у чистого от опасностей восточного берега узкости. При следовании узкостью следят, чтобы пеленг ориентира A был меньше опасного.

§ 62. СЧИСЛЕНИЕ ПРИ ПЛАВАНИИ ВО ЛЬДАХ

Плавание судна во льдах может осуществляться как самостоятельно, так и под проводкой ледоколов. В обоих случаях необходимо вести непрерывное счисление пути судна.

Особенности счисления при самостоятельном ледовом плавании определяются тем, что судно, выбирая наиболее слабые льды и разводя во льдах, вынуждено часто менять курс и скорость. Использовать лаг для определения скорости во льдах невозможно, поэтому скорость судна определяют по плавающим предметам с помощью судовой РЛС или способом «планширного лага».

В первом случае на экране индикатора выбирают хорошо видимый ориентир (торос, ропак), расположенный прямо по носу или по корме судна. Измерив два расстояния до ориентира через удобный для расчетов промежуток времени, получают скорость судна в узлах по формуле

$$V = 360 \frac{\Delta D}{\Delta t}, \quad (43)$$

где $\Delta D = D_2 - D_1$, кб;
 $\Delta t = T_2 - T_1$, с.

Такие определения выполняют два-три раза в час.

Для получения скорости судна по «планширному лагу» замечают вблизи носовой части судна приметную небольшую льдину или же выбрасывают на лед какой-либо предмет. По секундомеру определяют промежуток времени Δt , за который этот предмет пройдет по борту заранее измеренное расстояние между двумя метками на планшире, расположенными в носу и в корме. Скорость судна в узлах вычисляется по формуле

$$V = \frac{3600L}{1852\Delta t} = 1,94 \frac{L}{\Delta t}, \quad (44)$$

где L — расстояние между двумя метками на планшире, м.

Так как из-за частой смены курсов ведение обычного графического счисления на путевой карте становится невозможным, при плавании во льдах применяется способ пятиминутного счисления. При таком счислении в конце каждой пятой минуты очередного часа замечают и записывают в таблицу курс по главному компасу и скорость судна. Курс записывают округленно, с точностью до целых градусов. Оценка скорости производится на глаз, с учетом результатов, полученных при периодическом определении ее значения по плавающим предметам. По прошествии часа вычисляют средний из всех записанных курсов, который, после исправления его поправкой компаса, прокладывают на путевой карте от последней счислимой точки. По линии полученного генерального курса откладывают пройденное за час расстояние, равное средней скорости судна, и в результате получают новое счислимое место. При прокладке курса нужно учитывать возможные течение и дрейф.

Пятиминутное счисление может применяться, если промежуточные курсы не отличаются резко один от другого. Если же судно в поисках разводьев во льдах вынуждено значительно менять направление своего движения, то для получения счислимого места применяют более сложный прием вычисления генерального курса и плавания. Сущность его заключается в том, что за каждые пять минут плавания рассчитывают пройденное судном расстояние с точностью до 0,1 мили. Затем курсы, отличающиеся друг от друга на 5—10° в обе стороны, сводят в средние, а пройденные по

ним расстояния суммируют. Полученные средние курсы исправляют поправкой компаса. Для получения координат счислимой точки на конец очередного часа исправленные средние курсы и плавания по ним прокладывают на карте-сетке, так как масштаб путевой карты слишком мелок.

Карты-сетки издаются в достаточно крупном масштабе для отдельных широтных поясов. В отличие от обыкновенных карт на них не наносятся глубины и другие условные обозначения, на нижней и верхней рамках не указываются долготы. Для выполнения прокладки выбирают подходящую по широте карту-сетку. На линиях меридианов карандашом проставляют долготу, соответствующую району плавания. Наносят по координатам счислимое место судна на начало часа и ведут прокладку как на обычной карте.

Координаты судна на конец каждого часа переносят на путевую карту. С сетки снимают также генеральный курс и плавание по нему, которые записывают в судовой журнал.

При следовании вдали от берегов, когда в районе плавания судна нет подводных препятствий, место судна допускается нанести на путевую карту в конце вахты.

При плавании в ледовых условиях судно часто испытывает дрейф вместе со льдом. Величину дрейфа следует учитывать при прокладке, для чего необходимо знать его направление, и скорость. Если счисление ведется достаточно точно, то для этого применяют навигационный способ, заключающийся в определении невязки между счислимым и обсервованным местом. Направление невязки даст направление дрейфа, а его скорость рассчитывается по величине невязки и времени между предыдущей и данной обсервациями.

Дрейф судна вместе со льдом учитывают в конце часа как плавание по дополнительному курсу.

При нахождении судна вдали от берегов, если его место нельзя определить при помощи радиотехнических средств или методами мореходной астрономии, дрейф определяют с помощью диплота. Способ применим при глубинах до 100 м. Судно становится подветренным бортом вплотную к льдине. С наветренного борта до грунта опускают диплотлинь. В момент касания дна пускают секундомер. Диплотлинь потравливают по мере его натяжения, пока длина вытравленного лотлиня не окажется равной полутора-двум глубинам, после чего секундомер останавливают. Направление вытравленного лотлиня укажет направление дрейфа, а его скорость рассчитывают по формуле

$$V = 1,94 \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{\Delta t}, \quad (45)$$

где l — длина вытравленного лотлиня, м;
 h — глубина места, м.

СЧИСЛЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
МЕСТА СУДНА
В УСЛОВИЯХ ПРОМЫСЛА§ 63. НАВИГАЦИОННО-ПРОМЫСЛОВЫЕ КАРТЫ И ПОСОБИЯ.
ПРОМЫСЛОВО-НАВИГАЦИОННЫЕ
ПЛАНШЕТЫ

Судовую коллекцию карт и руководства для плавания судов Министерства рыбного хозяйства СССР комплектуют с учетом маршрутов перехода в район ведения промысла, предполагаемых районов промысла и возможных вариантов их изменения. Наряду с морскими навигационными картами и руководствами для плавания, используемыми при переходах, рыбопромысловые суда снабжаются специальными навигационными промысловыми картами и пособиями.

Промысловые карты служат для выбора места лова и курсов тралений, ведения промыслового счисления, прокладки и определения места судна на промысле. Кроме обычных географических и навигационных элементов, они имеют дополнительную нагрузку для обеспечения промыслового лова рыбы: подробную характеристику грунта морского дна, сетку промысловых квадратов и т. д. Для нанесения элементов промысловой характеристики применяются специальные условные знаки.

В зависимости от назначения промысловые карты подразделяются на обзорные, промыслово-навигационные и справочные промысловые.

Обзорные промыслово-навигационные карты имеют масштаб от 1:1 000 000 до 1:5 000 000. На них изображаются целые водные бассейны, имеющие промысловое значение. Предназначаются обзорные карты для выбора наиболее выгодных путей в район промысла, общего изучения условий промысла, выбора района поиска и промысла и решения других задач.

Промыслово-навигационные карты для прибрежных районов имеют масштаб от 1:50 000 до 1:200 000, а для районов открытого моря — от 1:100 000 до 1:500 000. Эти карты служат для определения места лова, выбора курса траления, ведения промыслового счисления и определения места судна. На эти карты наносят сетку промысловых квадратов и границы промысловых районов.

Справочные промысловые карты имеют масштаб от 1:1 000 000 до 1:12 000 000. К ним относятся такие вспомогательные издания, как сборные листы промыслово-навигационных карт, карты гидрометеорологических и гидробиологических элементов бассейна и т. д.

К навигационным промысловым пособиям относятся промысловые лоции, или описания промысловых районов, а также наставления и руководства по разведке и добыче отдельных видов рыб.

Промысловые лоции дополняют промыслово-навигационные карты. Они включают в себя: общий очерк данного района моря, в котором приводятся сведения о грунтах и рельефе дна, гидрометеорологический очерк, описание фауны; промысловую характеристику района и промысловых квадратов с рекомендациями по ведению промысла; законодательные акты, правила, инструкции и нормы, касающиеся режима промысла.

Наставления и руководства по разведке и добыче отдельных промысловых объектов содержат указания по организации и методике поиска и отлова данного вида рыб (сельди, ставриды и т. п.).

Промыслово-навигационные планшеты. Для районов, на которые не составлены промысловые карты, издаются типографским способом или составляются непосредственно на судах промысловые планшеты. Планшеты первого вида составляются и издаются картографическими группами научно-исследовательских рыбохозяйственных организаций. Они строятся в меркаторской проекции в масштабе от 1:100 000 до 1:500 000. На планшетах условными знаками нанесены элементы навигационной и промысловой характеристики данного района моря. Используются они для выбора места лова и промысловых курсов, а также для ведения промысловой прокладки.

Промыслово-навигационные планшеты второго вида ведутся на промысле вахтенными штурманами в тех случаях, когда по данному району нет ни промысловых карт, ни заменяющих их планшетов. Эти планшеты носят название рабочих. Они строятся в меркаторской проекции в масштабах от 1:100 000 до 1:300 000, а для прибрежных районов и небольших банок — от 1:50 000 до 1:100 000. Для их составления обычно применяют издаваемые ГУНиО МО карты-сетки или специальные бланки-сетки, изготавливаемые по заказам рыбохозяйственных организаций. Если таких изданий нет, то расчет и построение картографической сетки рабочих планшетов выполняют на судне.

На рабочие планшеты с морской навигационной карты переносят береговую черту, маяки, характерные глубины, опасности и другие элементы навигационной характеристики. Затем на планшеты, используя условные знаки и обозначения, наносят такие промысловые характеристики, как рекомендуемые курсы тралений, температуру воды в поверхностном и придонном слое, течения, места промысловых буев, места скопления рыб и т. д.

Кроме рабочих, капитаны промысловых судов ведут личные промыслово-навигационные планшеты. На поисковых судах по результатам разведки заданных районов составляют отчетные промыслово-навигационные планшеты.

При ведении счисления в процессе поиска или облова рыбы нужно решать ряд специфических задач, в том числе определять путевой угол и угол сноса траулера, буксирующего трал, находить скорость траулера относительно воды и грунта, учитывать циркуляцию при поворотах во время траления. Приемы решения этих задач несколько отличаются от тех, которые применяют при обычном плавании судна.

Определение путевого угла траулера, буксирующего трал, по пеленгам неподвижного ориентира и времени. Изложенные в § 38 методы определения путевого угла и угла дрейфа по наблюдениям или пеленгованием кильватерной струи на промысле обычно неприменимы из-за малых скоростей траления и коротких галсов. В условиях промысла трудно также рассчитывать на возможность определения элементов течения навигационным способом, а данные о течениях, выбранные из пособий, имеют существенные отклонения от действительных. Поэтому путевой угол и суммарный угол сноса траулера, буксирующего трал, определяют особым приемом, по наблюдениям какого-либо неподвижного ориентира (маяк, промысловый буй, вежа и т. п.). Координаты ориентира могут быть неизвестны. Способ применяют при плавании постоянными курсом и скоростью.

Наблюдения заключаются в том, что через произвольные промежутки времени берут три пеленга ориентира, замечая моменты пеленгования по секундомеру или, при медленном изменении пеленгов, по часам. Рассчитывают промежутки времени между взятием первого и второго пеленгов Δt_1 и второго и третьего Δt_2 . Пеленги (Π_1, Π_2, Π_3) исправляют и прокладывают в свободном углу карты от произвольно взятой точки A (рис. 87). На кальке или кромке бумаги проводят прямую линию, на которой в обе стороны от произвольной точки M откладывают отрезки LM и MN , равные соответственно плаванию за время Δt_1 и Δt_2 или же пропорциональные Δt_1 и Δt_2 . Накладывают кальку на карту таким образом, чтобы точки L, M и N располагались на линиях первого, второго и третьего пеленгов. Направление линии LN окажется параллельным линии пути траулера. Сняв с карты $\Pi У$, рассчитывают угол сноса:

$$C = \Pi У - ИК.$$

Следует помнить, что при использовании этого способа определяют только направление движения траулера, а не его место и линию пути.

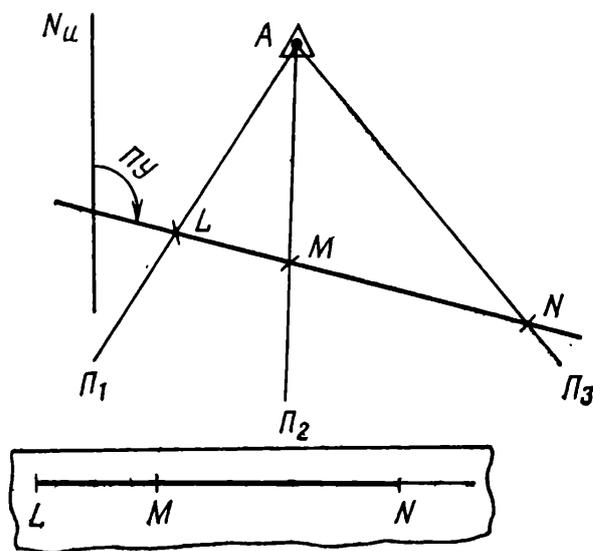


Рис. 87. Определение путевого угла по пеленгам неподвижного ориентира

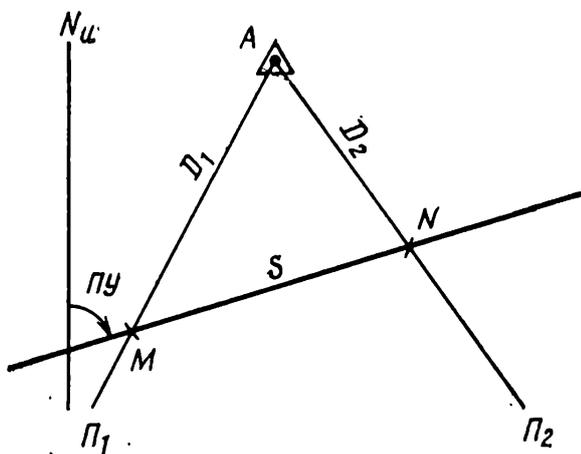


Рис. 88. Определение скорости траулера относительно грунта

Определение скорости траулера относительно воды. При буксировке трала скорость траулера часто оказывается близкой к нижнему пределу, при котором работают судовые лаги (около 3 уз), поэтому такие показания лагов принимать нельзя. Для определения скорости при буксировке трала применяют метод «планширного лага» (см. § 62). Пройденное судном расстояние в этом случае учитывают по скорости и продолжительности плавания. Если при следовании с

тралом меняют частоту вращения винта, то на одном галсе траления скорость определяют несколько раз. Для приближенного определения скорости траулера по числу оборотов винта или числа оборотов, которое необходимо иметь для получения заданной скорости траления, на промысловых судах используют также таблицу. Ее составляют по результатам наблюдений, проводимых при различных условиях промысла.

Определение скорости траулера относительно грунта. Истинная скорость траулера может быть получена по известному промежутку времени и пройденному расстоянию между двумя надежными определениями места. Однако если условия промысла не позволяют получать обсервации, то скорость относительно грунта может быть определена по наблюдениям неподвижного ориентира (его координаты могут быть неизвестны).

Наблюдения заключаются в том, что берут по компасу пеленг промыслового буя или другого ориентира, измеряя одновременно расстояние до него при помощи радиолокатора. Через некоторое время повторяют наблюдения. Рассчитывают промежуток времени Δt между двумя наблюдениями. Из произвольно взятой на карте точки A (рис. 88) прокладывают исправленные пеленги Π_1 и Π_2 и откладывают по ним измеренные расстояния D_1 и D_2 . Снимают расстояние S между полученными на карте точками M и N и рассчитывают скорость траулера относительно дна по формуле

$$V = \frac{60 S}{\Delta t},$$

где V — скорость, уз;

S — расстояние, мили;

Δt — промежуток времени, мин.

Линия MN параллельна линии пути траулера.

Если по условиям видимости визуальное пеленгование невозможно, то пеленги ориентира берут при помощи радиолокатора.

Учет циркуляции при поворотах во время траления. При тралении могут производиться повороты как на обратный курс, так и

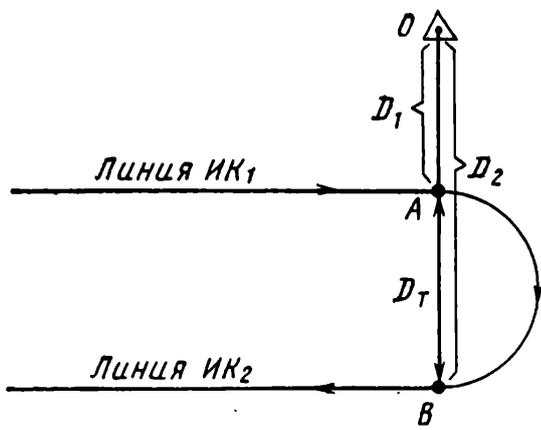


Рис. 89. Определение тактического диаметра циркуляции

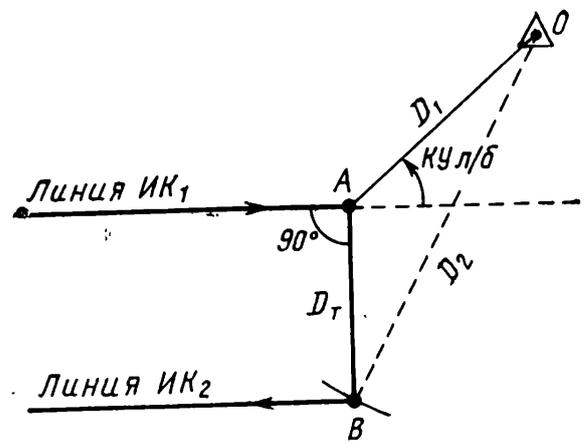


Рис. 90. Другой случай определения тактического диаметра циркуляции

на углы, меньшие 180° , когда траление ведется переменными курсами. Обычно траулер совершает плавный продолжительный поворот в течение 20—30 мин. При этом плавание на циркуляции составляет 12—18 кб, что требует учета циркуляции при счислении.

Тактический диаметр циркуляции траулера D_T при буксировке трала зависит не только от положения руля, но и от глубины в районе траления, длины вытравленных ваеров и других факторов. Поэтому при поворотах на контркурс в каждом конкретном случае приходится определять D_T циркуляции из непосредственных наблюдений, если есть возможность, то при помощи РЛС.

В простейшем случае, если начало поворота совпадает с моментом нахождения судна на траверзе буя, D_T получают как разность расстояний D_2 и D_1 , измеренных до ориентира в момент начала поворота (точка A) и прихода судна на обратный курс (точка B) (рис. 89),

$$D_T = D_2 - D_1.$$

Если в начале поворота судно не находится на траверзе промыслового буя, то для получения точки конца поворота, из которой прокладывают обратный курс, применяют следующий порядок работы (рис. 90):

после перекладки руля берут КУ промыслового буя по компасу или при помощи РЛС и одновременно измеряют на экране радиолокатора расстояние D_1 до буя;

в момент прихода судна на обратный курс вновь измеряют расстояние D_2 до буя;

на карте или промысловом планшете из точки A начала поворота прокладывают направление на буй и откладывают по этому направлению расстояние D_1 . Из полученной точки O радиусом, равным D_2 , делают засечку на перпендикуляре, восстановленном из точки A . Получают точку B конца поворота, из которой прокладывают обратный курс. Одновременно получают $D_T = AB$.

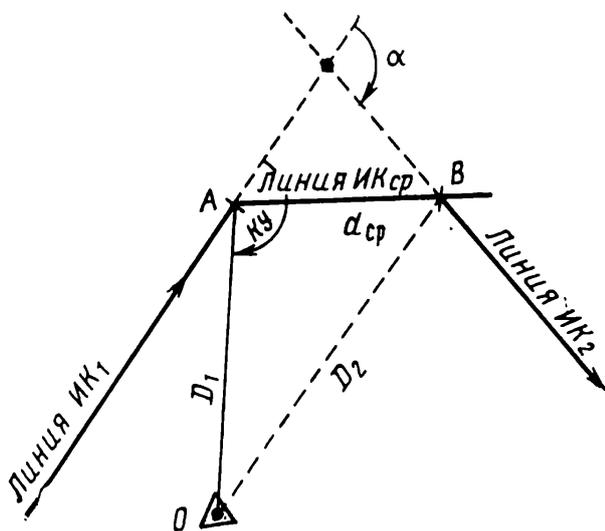


Рис. 91. Определение точки конца поворота

При поворотах траулера на угол, меньший 180° , применяют такие способы учета циркуляции судна, при которых величина тактического диаметра может быть неизвестной. В частности (рис. 91), точка B конца поворота на новый истинный курс может быть получена путем определения плавания d_{cp} по среднему курсу $ИК_{cp}$. Наблюдения проводят при помощи РЛС. Из точки A начала поворота измеряют $KУ$ и расстояние D_1 до ориентира O . Расстояние D_2 измеряют в момент прихода траулера на заданный новый курс $ИК_2$. Из точки A по направлению на ориентир прокладывают расстояние D_1 , а также линию среднего курса:

$$ИК_{cp} = ИК_1 \pm \frac{\alpha}{2},$$

где угол поворота $\alpha = ИК_2 - ИК_1$, знак (+) берется при повороте вправо, знак (—) — влево.

Из полученной точки O радиусом, равным D_2 , делают засечку на линии $ИК_{cp}$ и получают точку B конца поворота. Из этой точки прокладывают новый курс $ИК_2$. Расстояние AB является плаванием по среднему курсу d_{cp} .

§ 65. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПРИ ВЕДЕНИИ ПРОМЫСЛА В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫСЛОВОГО БУЯ

При ведении промысла судоводитель должен уметь удерживать судно на концентрации рыбы и сохранять от повреждений орудия лова. Для этого необходимо систематически контролировать счисление путем получения обсерваций, а также обеспечивать точное следование судна по заданной линии пути.

Определение места траулера при ведении промысла в прибрежных районах имеет ряд особенностей. Из-за большого числа подводных препятствий, а также возможных изменений девиации магнитного компаса вследствие перемещения промыслового вооружения, необходимо использовать наиболее точные методы обсерваций, не зависящие к тому же от ошибок в поправке компаса. Навигационными параметрами при использовании таких методов являются измеряемые секстаном горизонтальные и вертикальные углы. Если на судне установлен гирокомпас, то место судна получают также пеленгованием ориентиров.

Вследствие быстрого изменения обстановки при плавании вблизи берегов необходимо как можно быстрее выполнять прокладку обсерваций. Для этого на промысловых судах предварительно подготавливают карты или планшеты, строя на них сетки изолиний, а также определяя опасные углы, расстояния и пеленги.

Обычно в районе промысла выставляют промысловый буй, который служит для обозначения мест скопления рыбы, районов с навигационными или промысловыми опасностями или границ промысловых площадок. При тралении буй используют в качестве ориентира для удержания судна на заданном промысловом курсе и для решения некоторых задач счисления. Кроме того, промысловый буй используют как дополнительный ориентир при определении обсервованного места судна. Место буя при его постановке определяют наиболее точным способом (по двум горизонтальным углам, измеренным секстаном) и наносят на карту или планшет.

§ 66. ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СУДОВОЖДЕНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ ПРОМЫСЛА

Методы использования радиотехнических средств в судовождении (см. гл. VII) полностью распространяются на промысловые суда, и, кроме того, при ведении промысла радиотехнические средства используются для решения специфических задач промысловой навигации.

Судовой радиопеленгатор используют на промысле для определения направлений и расстояний до судов, работающих «на пеленг». Радиосигналы для пеленгования (работа «на пеленг») передают суда, имеющие большие уловы. Эти передачи ведутся ежедневно при совместной работе на промысле группы судов в часы, установленные руководителем промысла. Для определения расстояния и направления до судна, работающего «на пеленг», пеленгующее судно ложится на курс с таким расчетом, чтобы отсчет радиокурсового угла $ОРКУ$ был близок к 90° правого или левого борта. Это необходимо для быстрого изменения $ОРКУ$ при дальнейшем плавании и, следовательно, сокращения времени на получение нужных данных.

Определяют $ОРКУ_1$ на передающее судно и замечают момент по часам T_1 . Пройдя полным ходом расстояние S , равное 3—4 милям, вторично определяют $ОРКУ_2$ и замечают момент T_2 . Рассчитывают курсовые углы q_1 и q_2 между направлениями на передающее судно в моменты T_1 и T_2 и путем своего судна, а также направление $ИП_2$ на передающее судно в момент T_2 :

$$\begin{aligned}q_1 &= ОРКУ_1 + f_1; \\q_2 &= ОРКУ_2 + f_2; \\ИП_2 &= КК + \Delta К + q_2.\end{aligned}$$

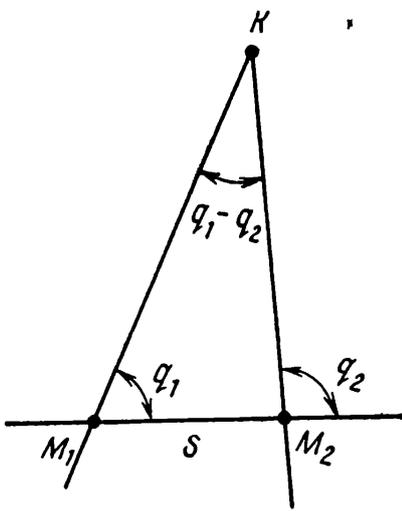


Рис. 92. Определение расстояния до судна, работающего «на пеленг»

Полученный $ИП_2$ прокладывают на карте от численного места в сторону судна, работающего «на пеленг». Расстояние до этого судна вычисляют по формуле

$$D = \frac{S \sin q_1}{\sin (q_2 - q_1)}. \quad (46)$$

Формула (46) получена из треугольника M_1KM_2 (рис. 92), в котором точкой K обозначено передающее судно (предполагается практически неподвижным в промежутке времени между $T_2 - T_1$), а точками M_1 и M_2 — положение пеленгующего судна в моменты T_1 и T_2 . Для упрощения вычислений расстояние D получают по номограмме, составленной по формуле (46).

При помощи радиопеленгатора может быть также осуществлен подход к находящимся за пределом видимости судам или плавбазам, работающим «на пеленг». Для этого ложатся на $КК$, при котором $РКУ = 0^\circ$. Следуя по этому курсу, периодически берут контрольные радиопеленги и, при необходимости, подправляют курс, чтобы сохранить $РКУ = 0^\circ$.

Глава X

ОРГАНИЗАЦИЯ ШТУРМАНСКОЙ СЛУЖБЫ НА СУДАХ МОРСКОГО ФЛОТА

§ 67. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ДОКУМЕНТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ ШТУРМАНСКУЮ СЛУЖБУ

Суда морского флота работают в сложных условиях, требующих четкой организации штурманской службы. Для оперативного руководства работой по обеспечению безопасности судовождения в системе Министерства морского флота (ММФ) созданы руководящие и контролирующие органы, возглавляемые Главной морской инспекцией. В функции этой организации входит, в частности, руководство деятельностью морских пароходств, портов и других подразделений Министерства в области организации безопасной работы флота, навигации и судовождения, а также контроль за соблюдением законов и положений, регламентирующих безопасность мореплавания.

В структуру управления морских пароходств входят службы мореплавания, занимающиеся разработкой и осуществлением на судах мероприятий по обеспечению безопасности мореплавания:

В морских портах вопросами безопасности мореплавания ведают капитаны морских торговых портов, распоряжения которых обязательны для судов, находящихся в пределах портовых вод.

Обязательными руководствами для деятельности штурманского состава судов являются следующие основные документы:

Устав службы на судах Министерства морского флота Союза ССР;

Международная конвенция по охране человеческой жизни на море;

Международные правила для предупреждения столкновений судов в море;

Кодекс торгового мореплавания Союза ССР (КТМ);

Наставление по организации штурманской службы на судах морского флота;

Извещения мореплавателям Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны СССР;

обязательные постановления по морским торговым портам;

Правила технической эксплуатации судов ММФ;

постановления, инструкции, приказы ММФ и других государственных учреждений, связанных с мореплаванием.

Обязанности капитана и его помощников определяются Уставом службы на судах Министерства морского флота Союза ССР.

Конкретный перечень обязанностей вахтенного помощника капитана перед отходом судна в рейс, при заступлении на вахту, во время несения ходовой вахты, при якорной стоянке на рейде или в портовых водах, при стоянке судна у причала приведены в Наставлении по организации штурманской службы на судах морского флота. В этом издании, являющемся официальным документом, регламентирующим штурманскую службу на судах ММФ, даются также наставления по подготовке штурманской части к рейсу, по штурманской работе в рейсе и при плавании в особых условиях.

В приложении к Наставлению приводится перечень обязательной документации по навигационной части, в который входят: судовый журнал; реестр судовых журналов; черновой журнал; журнал поправок хронометра; формуляры и технические паспорта на электрорадионавигационные приборы; мореходные инструменты; таблицы девиации магнитных компасов; таблицы радиодевиации; схема теневых секторов и мертвой зоны судовой РЛС; схема выполнения маневра «Человек за бортом»; таблица поправок эхолота; таблица маневренных элементов судна; подшивки извещений мореплавателям и печатных НАВИПов, журналы НАВИМов и НАВИПов, принимаемых по радио; каталоги карт и книг; подшивки или журнал прогнозов погоды; журнал для записи судовых гидрометеорологических наблюдений КГМ-15; копии заявок; приемо-сдаточные акты и акты на списание карт, руководств для плавания и штурманского имущества.

Численность экипажа зависит от назначения и размеров судна. Число помощников капитана также определяется штатным расписанием, утвержденным для данного типа судов.

В последние годы на судах портового плавания, оснащенных дистанционным управлением энергетической установкой, все шире внедряется работа командного состава по совмещенной специаль-

ности судоводителя-судомеханика. Этот прогрессивный метод позволяет сократить численность экипажей и повысить производительность работы флота.

§ 68. СУДОВОЙ ЖУРНАЛ

Судовой журнал является единственным официальным документом, отражающим непрерывную деятельность судна во всех ее проявлениях, а также условия и обстоятельства, сопровождающие эту деятельность. В случае гибели судна капитан должен принять меры к сохранению журнала.

Форма и Правила ведения журнала утверждены приказом министра морского флота. Книги судовых журналов скрепляются подписью и печатью капитана порта, что регистрируется в специальном реестре судовых журналов за порядковыми для данного судна номерами. Журнал ведут вахтенные помощники капитана. Правила ведения помещены в судовом журнале.

Записи в судовом журнале производятся на левой и правой страницах листа в следующем порядке. На левой странице каждый час записываются: отсчет лага; курс по гирокомпасу и его поправка; курс по главному магнитному компасу, его поправка и девиация; число оборотов винта; направление и сила ветра; состояние погоды; видимость; состояние моря; давление атмосферы; температура наружного воздуха и забортной воды. В конце каждой вахты указываются высота воды в льялах, пройденное за вахту расстояние, фамилии вахтенных матросов. Кроме того, указывают время включения судовых огней, согласование судовых часов, замеры танков, расход топлива и воды за сутки.

На правой странице листа в заголовке указывают день недели, дату, сведения о рейсе судна и районе плавания. В текст правой страницы по каждой вахте записывают внешние обстоятельства плавания и случаи из судовой жизни, которые имеют какое-либо значение для судна, людей и груза или дадут возможность проследить впоследствии деятельность судна в плавании и на стоянках. Перечень важнейших сведений, которые должны обязательно заноситься на правую страницу листа, приведен в Правилах ведения журнала.

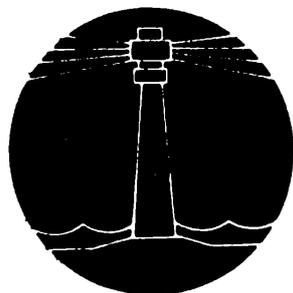
Для проверки записей в судовом журнале капитаны судов обязаны сохранять карты с нанесенной на них прокладкой до следующего выхода в море.

На морских промысловых судах судовой журнал ведут по правилам, принятым на морском флоте. Дополнительно в журнал записывают все случаи, характеризующие промысловую работу судна: время и координаты спуска и подъема трала или выметки сетей, сведения о величине улова и т. д.

На каждом промысловом судне ведется также промысловый журнал — основной документ для учета и анализа работы добывающего судна. Правила его ведения помещены в самом журнале.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ЛОЦИЯ



Глава XI

СЛУЖБА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ

§ 69. ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ В СССР

Продуманный выбор пути судна и тщательное изучение условий перехода входят в число обязательных действий, обеспечивающих безопасность судовождения.

Предварительное ознакомление с районом плавания осуществляют с помощью карт и руководств для плавания. В настоящее время навигационные пособия изданы для всех морей и океанов. Многообразные задачи, связанные с изучением морей, ограждением многочисленных навигационных опасностей, созданием морских карт и руководств для плавания возлагаются на специальные государственные службы. В нашей стране обеспечение безопасности мореплавания возложено на Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР. В функции ГУНиО МО входят гидрографическое изучение морей и океанов, составление и издание морских карт и руководств для плавания, строительство и обслуживание средств навигационного оборудования, систематическое извещение судоводителей о постановке и вводе в действие, съемке или прекращении действия береговых и

плавучих средств навигационного оборудования, обеспечение флотов картографическими материалами и руководствами для плавания, откорректированными по день их выдачи, снабжение штурманским имуществом, проведение научных исследований в области развития средств и методов гидрографических работ и судовождения. Для выполнения перечисленных функций на морских бассейнах создаются гидрографические службы флотов, являющиеся органами ГУНиО МО.

Важную роль в обеспечении безопасности мореплавания играют специальные службы министерств и ведомств, в том числе Гидрографическое предприятие Министерства морского флота. Эта организация ведает гидрографическим обеспечением мореплавания и производством гидрографических исследований в арктических морях, по которым проходит Северный морской путь. В ряде морских и морских рыбных портов средства навигационного оборудования в пределах подходов каналов к портам, их акваторий находятся в ведении местных морских или рыбохозяйственных организаций. Обеспечение безопасности мореплавания и порядка в портах возлагается на капитанов портов.

Непосредственное обеспечение судов картами, руководствами для плавания, документами по их корректуре, а также штурманским имуществом осуществляется базовыми электрорадионавигационными камерами, находящимися в подчинении служб мореплавания морских пароходств.

Успешное обслуживание мореплавателей гидрографией возможно лишь при условии сотрудничества между ними. Важнейшим источником информации, служащей для своевременной корректуры карт и руководств для плавания, являются навигационные донесения капитанов судов о замеченных изменениях в навигационной обстановке. Сбор таких данных входит в обязанности штурманского состава.

В изданиях ГУНиО МО помещают текст обращения к мореплавателям с перечнем сведений, интересующих гидрографию.

§ 70. ТЕРМИНОЛОГИЯ, ОТНОСЯЩАЯСЯ К НАВИГАЦИОННЫМ ОПАСНОСТЯМ

При пользовании морскими картами и руководствами для плавания судоводитель встречается с рядом специальных терминов, точное значение которых он должен знать. В основном эти термины касаются форм береговой черты, портовых гидротехнических сооружений, различных видов грунтов и навигационных опасностей. Последние разделяются на постоянно существующие опасности рельефа морского дна (мели, скалы и т. п.) и временные навигационные опасности (минные заграждения, рыболовные сети, сорванные с якорей мины, буи и другие плавающие предметы).

Рассмотрим значение наиболее часто употребляемых терминов, относящихся к навигационным опасностям.

Мель — участок моря с глубинами, меньшими окружающих. Мели с глубинами менее 20 м считаются опасными для плавания крупнотоннажных судов. *Отмель* — мель, тянущаяся от берега. *Банка* — отдельно лежащая мель, ограниченная по площади. *Коса* — узкая длинная, обычно песчаная, отмель. Имеет надводную и подводную части. *Бар* — мель, отгораживающая устье реки от моря, образовавшаяся от осадков грунта, выносимого рекой. Баром также называют мель, лежащую поперек входа в бухту.

Риф — опасная для плавания мель или отмель с твердым грунтом (каменным, коралловым и т. п.). *Скала* — отдельное небольшое по площади возвышение дна из твердых пород. *Камни* — обломки твердых пород, расположенные вблизи берега. Скалы и камни бывают подводные, надводные и осыхающие, то есть обнажающиеся в малую воду.

Отличительная глубина — глубина, заметно отличающаяся от окружающих глубин. *Яма* — небольшой участок дна с резким увеличением глубины.

Район свалки грунта — район моря, отведенный для свалки грунта, поднятого при дноуглубительных работах. *Осушка* — часть берега или участок дна в море, обнажающийся при отливе.

Затонувшее судно — представляет опасность для плавания, если его части выступают над водой или полностью погружены в воду, но глубины над ними меньше осадки любого крупнотоннажного судна.

Глава XII

СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОРЕЙ

§ 71. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Средства навигационного оборудования (СНО) предназначаются для решения нескольких задач: обозначить надводную или подводную опасность, обеспечить безопасное плавание судна по фарватеру, дать возможность опознать открывающийся берег, а также определить место судна при плавании вблизи берегов.

По месту установки СНО делятся на береговые и плавучие. К береговым СНО относятся световые маяки, огни, знаки, радиомаяки, аэромаяки, береговые радиопеленгаторные и радиолокационные станции, а также акустические средства туманной сигнализации. К плавучим СНО относятся плавучие маяки, буи, баканы и вежи.

По техническому устройству средства навигационного оборудования могут быть разделены на визуальные, радиотехнические и звукооптимальные.

§ 72. БЕРЕГОВЫЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Маяки — специально сконструированные и построенные сооружения высотой от 10 до 50 м, снабженные мощным светооптическим оборудованием (рис. 93). Огни маяков зажигаются с заходом Солнца и гасятся при его восходе. Оптическая дальность видимости огней ночью должна быть не менее 15 миль. Маяки с одинаковым характером огня ставятся не ближе 80 миль один от другого. Это делается для того, чтобы не спутать маяки, расположенные на одном участке берега. С этой же целью их башням придают различную форму и окрашивают в разные цвета.

Маяки оборудуются также средствами туманной сигнализации, им часто придают радиомаяки.

Основной частью маяка является располагаемый на вершине башни маячный фонарь с установленным в нем светооптическим

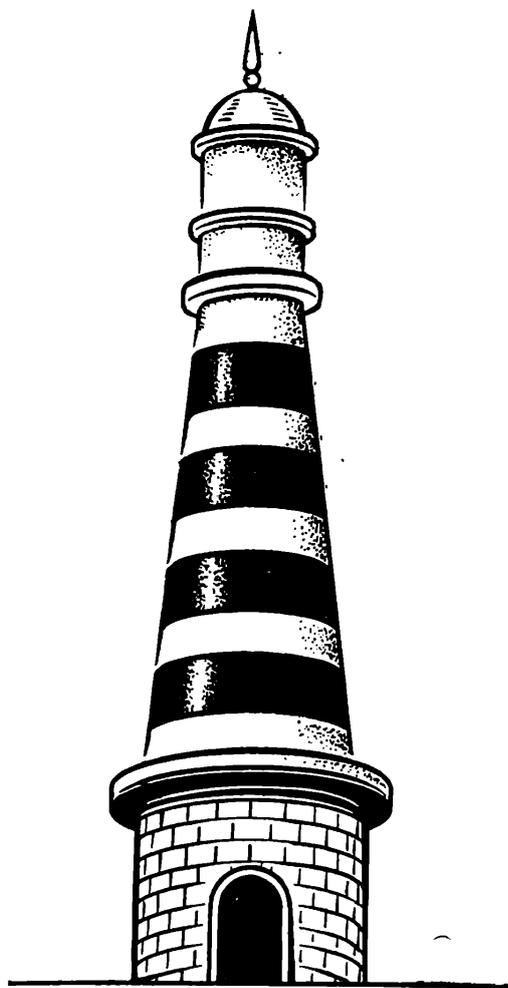


Рис. 93. Маяк

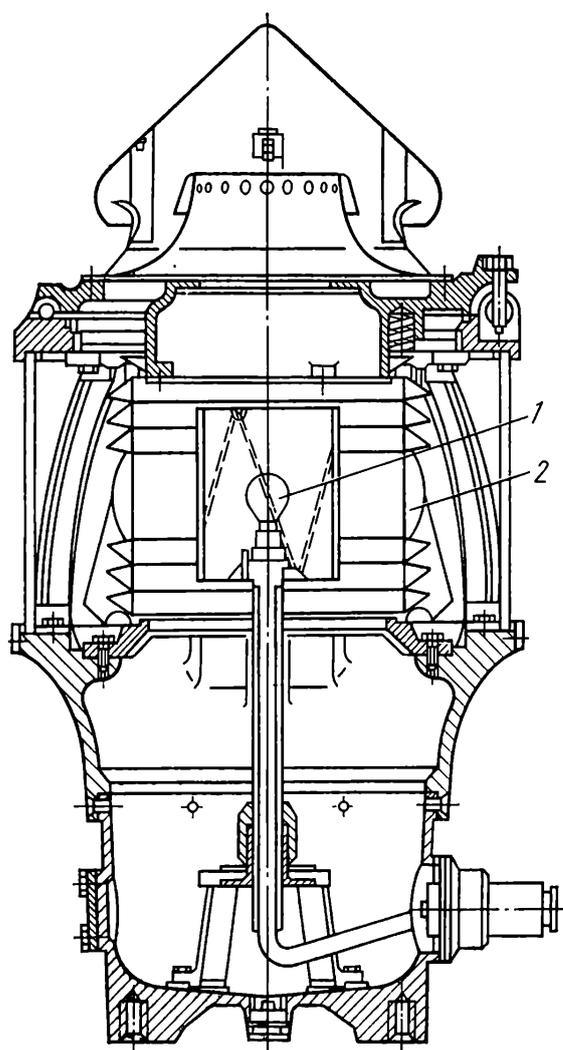


Рис. 94. Маячный электрический светооптический аппарат

аппаратом (рис. 94). Источником света в аппарате чаще всего служит электрическая лампа 1, реже — ацетиленовая. Идущие по всем направлениям от источника света световые лучи преломляются и направляются в нужную сторону оптической системой 2, чем обеспечивается наибольшая дальность видимости огня.

Получение заданной характеристики огня маяка достигается комбинацией различных по конструкции линз, цветных стекол (светофильтров) и применением щитов и механизмов для вращения светооптического устройства.

Для опознания маяка ночью или днем судоводитель должен располагать основными сведениями о нем, которые приводятся в книгах «Огни и знаки» и в лоциях. К этим сведениям относятся: цвет и характер огня маяка, дальность видимости в ясную погоду в милях, сектор освещения и описание маяка, включающее вид и окраску сооружения, сведения о высоте огня.

Цвет огня преимущественно бывает белым, красным или зеленым. Если цвет огня периодически меняется, то огонь называется *переменным*. По характеру огни делят на три основных типа: *постоянные, проблесковые и затмевающиеся*. Огни могут иметь более сложную характеристику, представляющую собой комбинацию основных типов.

Характеристики огней маяков, их сокращенные обозначения и краткие пояснения приведены в табл. 4.

Проблески и затмения часто объединяют в группы, устанавливают для проблесковых и затмевающихся огней разные периоды освещения.

Периодом освещения огня называется промежуток времени, в течение которого заканчивается весь цикл изменений, присущих данному огню, или промежуток времени, по истечении которого характер огня повторяется в той же последовательности. Например, если группо-проблесковый по характеру огонь имеет проблеск 1 с, затмение 3 с, проблеск 0,5 с, затмение 10,5 с, то его период будет 15 с, так как через каждые 15 с характеристика огня повторяется.

Опознание открывшегося ночью маяка производят по его цвету, периоду и характеру с помощью секундомера. Например, если в навигационном пособии было указано, что огонь маяка белый, группо-проблесковый, имеет два проблеска в группе и период 15 с, то для его опознания включают секундомер в момент начала первого проблеска, подсчитывают их число и останавливают секундомер, когда по истечении времени второго затмения опять начинается проблеск. Если полученный по секундомеру период огня и число проблесков совпали с приведенными в пособиях, то маяк опознан правильно.

У большинства береговых маяков свет направлен только в сторону моря, т. е. они имеют угловое освещение. Границы сектора освещения в градусах указываются в руководствах для плавания. В районах, опасных в навигационном отношении, маяки могут иметь по несколько секторов, в каждом из которых огонь

Название огня неизменного цвета	Характер огня	Название огня переменного цвета
П—постоянный	Непрерывный 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 с	Пер Пр—переменный проблесковый
Ч Пр—часто-проблесковый	Частые одинарные проблески (60 в минуту и более)	—
Прер Ч Пр—прерывистый часто-проблесковый	Частые одинарные проблески (60 в минуту и более), прерывающиеся через равные промежутки времени темнотой	—
Гр Пр—группо-проблесковый	Группа из двух и более проблесков через равные промежутки времени	Пер Гр Пр—переменный группо-проблесковый
Зтм—затмевающийся	Ровный свет, прерывающийся через равные промежутки времени одинарными затмениями; продолжительность затмения меньше или равна продолжительности света, а период огня больше 1 с	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
П Пр—постоянный с проблесками	Постоянный огонь, усиливающийся через равные промежутки времени одним проблеском; проблеск имеет значительно большую яркость, чем постоянный огонь	Пер П Пр—переменный с проблесками
П Гр Пр—постоянный с группой проблесков	Постоянный огонь, усиливающийся через равные промежутки времени группой из двух или более проблесков; проблески имеют значительно большую яркость, чем постоянный огонь	Пер П Гр Пр—переменный постоянный с группой проблесков
Смш—смешанный	Сложный характер огня, не соответствующий описанным выше	Смш—смешанный
В—вертящийся	Постоянный огонь, напоминающий луч вращающегося по кругу прожектора	—
Мо (Б)—по азбуке Морзе	Проблески света, воспроизводящие световой сигнал определенной буквы по азбуке Морзе; воспроизводимая буква указывается в скобках	

другого цвета. Участки моря, на которых имеются мели, камни или другие опасности, как правило, располагают в секторах красных огней.

Условные знаки, которыми обозначаются на картах маяки и другие средства навигационного оборудования, приведены в приложении 2.

Навигационные знаки (светящие и несветящие) — это сооружения маячного типа, но более легкой конструкции. Они изготавливаются из дерева, камня, бетона и других материалов. Светящие навигационные знаки снабжаются автоматическим маячным оборудованием с оптической дальностью видимости огня до 15 миль; несветящие знаки устанавливаются для опознания места судна в дневное время.

Портовые знаки устанавливаются в портах на оконечностях моллов, пирсов и причалов. Они выполняются в виде цилиндрической колонны высотой 4—10 м, на вершине которой устанавливается светооптическая аппаратура с электрическим или ацетиленовым источником питания.

Створные знаки сооружаются по типовым проектам в виде металлических решетчатых башен (рис. 95) или металлических колонн, на которых монтируют деревянный створный щит прямоугольной, трапециевидной или другой геометрической формы. Светооптическое оборудование светящих знаков выполняется в электрическом или ацетиленовом варианте. В последние годы створные знаки оборудуют газосветными дорожками.

Створы, образуемые створными знаками, устанавливаются для ведения судна по фарватеру, обозначения мест изменения курса на фарватерах, а также для определения остаточной девиации и других специальных целей. В зависимости от своего назначения они подразделяются на навигационные и специальные (девиационные, мерных линий).

Навигационный створ — это система из двух или трех светящих или несветящих знаков, ось симметрии которой совмещена с осью фарватера. Ближний к судну знак называют нижним, а дальний, имеющий всегда большую высоту, — верхним. Различают створы ближнего (дальность действия до 10 км) и дальнего действия (свыше 10 км). Чаще всего фарватеры и каналы оборудуются так называемыми линейными и прицельными створами.

Линейный створ (рис. 96,а) обычно состоит из двух огней или знаков, расположенных с таким расчетом, чтобы при движении по безопасной створной зоне фарватера видеть их на одной вертикали. При уклонении судна от линии створа огни или знаки оказываются в «расстворе».

Прицельный створ (рис. 96,б) — это система из трех огней или знаков, расположенных в вершинах равнобедренного треугольника, основание которого обращено в сторону фарватера. Вы-

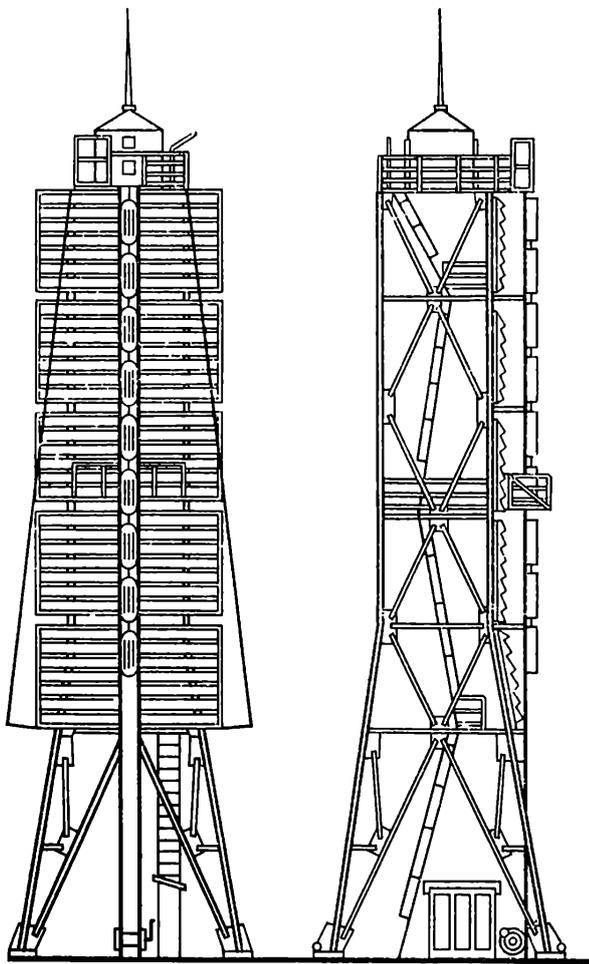


Рис. 95. Створный знак

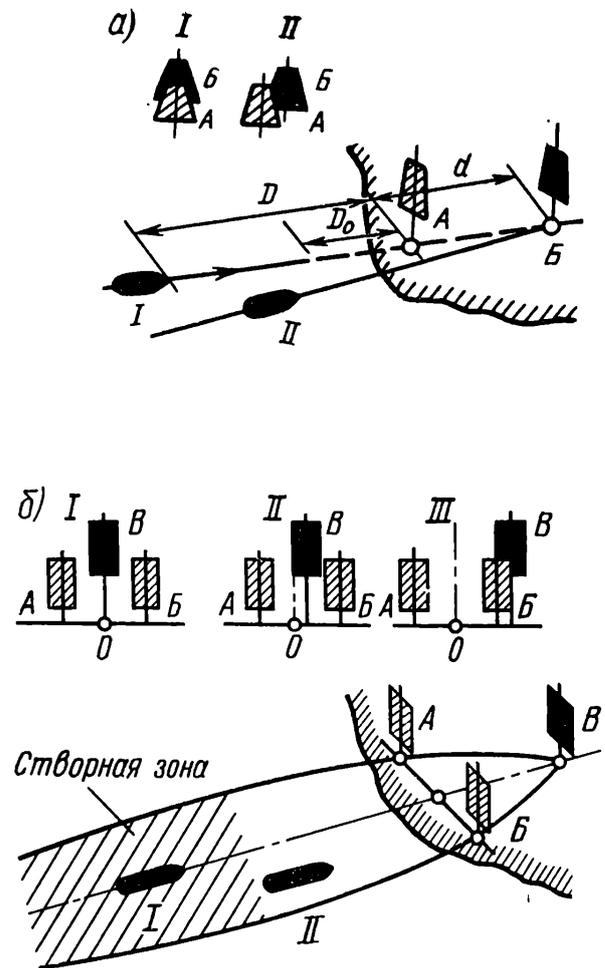


Рис. 96. Схема створов:
а — линейного; б — прицельного

сота, опущенная на основание треугольника, является осью симметрии системы и совмещена с осью фарватера. При движении по фарватеру необходимо удерживать верхний знак точно посередине между двумя нижними.

Створы, которые располагаются по носу судна, идущего со стороны моря, называются прямыми, а по корме — обратными. Если на участке фарватера установлены прямые и обратные створы, то их называют встречными.

Радиотехнические средства навигационного оборудования используются как для определения места судна в открытом море, так и для обеспечения проводки судов по фарватерам. К первой группе радиотехнических средств относятся системы дальней радионавигации, радиомаяки кругового и направленного излучения и аэрорадиомаяки. Ко второй — береговые радиолокационные станции. Описание радиотехнических СНО приводится в специальных изданиях.

Средства туманной сигнализации устанавливаются для предупреждения судоводителей о приближении к опасности во время тумана, снегопада или пасмурной погоды на береговых и плавучих маяках, буйах, а также на портовых гидротехнических сооружениях. Туманные сигналы подразделяются на воздушные и подводные.

Воздушные звуковые туманные сигналы только предупреждают о приближении к опасности и не могут использоваться для определения места судна. В зависимости от состояния атмосферы слышимость звукового сигнала может изменяться не пропорционально расстоянию до сигнального устройства. Вследствие этого нельзя судить по громкости звука о расстоянии до маяка или берега. Наблюдаются случаи, когда вблизи сигнального устройства слышимость сигнала вообще исчезает. По услышанному на судне звуковому сигналу нельзя судить также и о направлении на его источник, так как звук в воздухе может распространяться не прямолинейно; вместо сигнала может быть услышано его эхо и т. п.

Средства туманной сигнализации приводят в действие при появлениях в районе маяка тумана или снижении видимости до 3 миль.

Для воспроизведения сильного звука применяются аппараты, приводимые в действие электричеством или сжатым воздухом. Принцип действия и устройство этих аппаратов различны: *наутофоны* и *тифоны* имеют звукоизлучатели мембранного типа; у *сирены* звук вызывается быстрым вращением дисков под действием сжатого воздуха, у *диафона* — при проходе сжатого воздуха через специальные отверстия. Дальность слышимости этих аппаратов, устанавливаемых обычно на маяках, составляет 5—8 миль. Как дублирующие сигнальные устройства применяют также *пушки* и специальные *патроны* для взрывов.

В портах и на головах молов туманные сигналы подают *колоколом* и *гонгом*.

Подводные звуковые сигналы, благодаря правильному характеру распространения звука в воде, позволяют определять гидроакустические пеленги на излучатели звука. Однако для этого судно должно быть оборудовано шумопеленгаторной аппаратурой, редко применяемой на судах торгового флота. Для воспроизведения звука применяют *подводный колокол* и *осциллятор* (устройство мембранного типа).

Туманные сигналы, воздушные и подводные, подаются, как правило, по установленному расписанию, что позволяет их опознать. Характеристика сигналов приводится в пособиях для плавания.

§ 73. ПЛАВУЧИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Плавающие средства навигационного оборудования устанавливаются на якорях в непосредственной близости от опасности или на самой опасности. К ним относятся плавающие маяки и плавающие предостерегающие знаки, буи и вехи. Расстановка плавающих СНО производится органами ГУНиО МО, а в некоторых районах местными отделениями Гидрографического предприятия ММФ или управлениями морских путей.

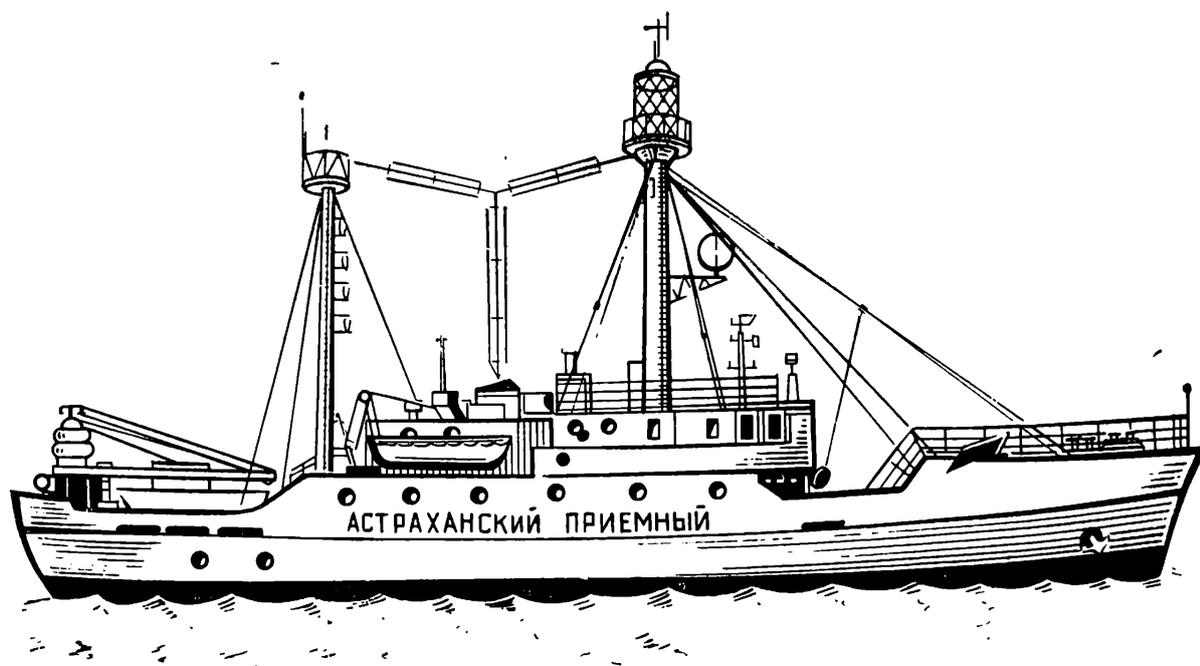


Рис. 97. Плавучий маяк

На подведомственные акватории этим организациям составляют расстановочные ведомости, в которых в географической последовательности перечисляются навигационные опасности и средства их ограждения. Для каждого пункта указываются координаты места, глубины, углы между береговыми ориентирами и типы устанавливаемых предостерегающих знаков (вехи, буи, их форма, окраска, характер огня).

Ограждение, выставленное в соответствии с расстановочной ведомостью, наносится на карты и называется штатным. В замерзающих морях перед ледоставом ограждение снимают и выставляют вновь с освобождением моря от ледового покрытия. Об этом объявляется в Извещениях мореплавателям. Иногда для обеспечения входа и выхода из замерзающих портов непосредственно на льду выставляется так называемое зимнее ограждение.

Плавучий маяк — специально построенное небольшое судно, имеющее характерные признаки, отличающие его от обычных судов (рис. 97). На мачтах маяка устанавливают топовые фигуры и поднимают специальный маячный флаг. Корпус обычно окрашен красной краской с белой полосой по бортам, на которой большими буквами пишется название маяка.

Плавучие маяки устанавливают на штатных местах при входе в проливы или на фарватеры. Кроме светооптического аппарата, установленного на кардановом подвесе, плавучие маяки обычно имеют радиомаяк и средства туманной сигнализации. На них размещают также спасательные и лоцманские станции.

Для плавучих маяков, не находящихся на своих местах, установлены специальные правила сигнализации.

1. Если плавучий маяк не находится на своем посту (штатном месте), независимо от того, сорван ли он с якоря или следует по

назначению, он не несет маячного огня и не подает установленных для него как для маяка звуковых сигналов.

2. Плавающий маяк, сорванный с якоря, поднимает: днем — два черных шара большого размера: один в носовой, а другой в кормовой части судна; ночью — два красных огня: один в носовой, а другой в кормовой части судна.

Дневные отличительные сигналы, если возможно, спускают. Если обстоятельства не позволяют применить дневные сигналы или если сигналы являются отличительными для данного плавающего маяка, то вместо черных шаров поднимают красные флаги.

3. В качестве дополнительной меры предосторожности плавающий маяк, сорванный с якоря: днем поднимает сигнал LO (*Лима Оска*) по Международному своду сигналов, означающий: «Я не нахожусь на своем штатном месте»; ночью — сжигает одновременно красный и белый фальшфейеры не реже чем через каждые $\frac{1}{4}$ ч.

Если обстоятельства не позволяют применить фальшфейеры, то одновременно открывают красный и белый огни.

4. Плавающий маяк, следующий по своему назначению, несет огни и подает туманные сигналы, установленные для судов на ходу; кроме того, если маяк следует под собственными машинами, то он несет дневные сигналы, указанные в п. 2.

Буи — предостерегательные знаки, применяющиеся для ограждения навигационных опасностей, лежащих в открытом море или вблизи береговой черты, а также для обозначения сторон или осей каналов и фарватеров. Государственным стандартом определены типы и параметры унифицированных буев (табл. 5). Буи подразделяются на морские и канальные.

Морской буй (рис. 98) состоит из цилиндрического корпуса 3 с металлической ажурной надстройкой 2 и хвостовика 4 с чугунным балластом 5. На вершине надстройки установлен светооптический аппарат 1. Балласт обеспечивает бую необходимую остойчивость. Внутри корпуса бую размещены герметически закрывающиеся пеналы, в которые помещают электрические батареи или ацетиленовые баллоны, питающие светооптический аппарат. Для

Таблица 5

Тип бую	Наименование бую	Район постановки	Глубина, м	Высота огня над уровнем моря, м	Оптическая дальность видимости, км
БМБ	Морской большой	Открытый	20—70	6,9	14—16
БМС	Морской средний	Прибрежный	10—40	4,85	11—13
БММ	Морской малый	Закрытый	7—30	3,15	7,5—11
БКБ	Канальный большой	Прибрежный	1—7	3,43	11—13
БКС	Канальный средний	Закрытый	1—7	2,10	5—8
БКМ	Канальный малый	»	1—7	1,7	4—7

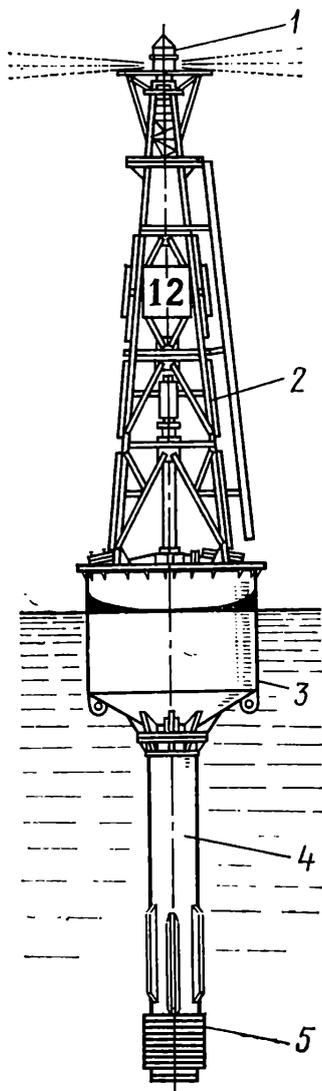


Рис. 98. Морской буй

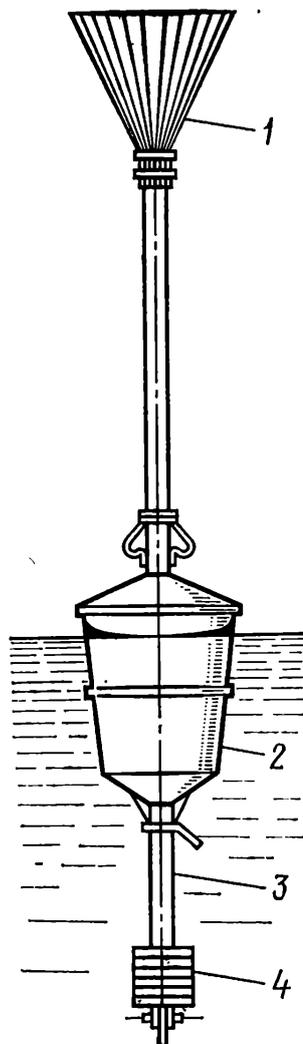


Рис. 99. Морская вежа

получения нужной характеристики огня в оборудование буя вводят электрический проблесковый автомат или ацетиленовый проблескатор.

Для подачи звуковых сигналов при плохой видимости буи снабжены звукоинформационными устройствами: колоколами и воздушными волновыми ревунами. Действие колокола основано на использовании сил инерции, возникающих при качке буя; ревун приводится в действие при вертикальных колебаниях буя, вызываемых волнением. На буях устанавливают также радиолокационные пассивные отражатели, благодаря которым значительно увеличивается дальность их обнаружения.

Якорное устройство буев состоит из якорной цепи, в которую вставляют вертлюг, и бетонного якоря.

Канальный большой буй устроен аналогично морскому. Буи этого типа используются в качестве приемных и поворотных.

У средних и малых канальных буев надстройки обычно выполняются в виде сплошного конуса.

На замерзающих участках морей и рек в осенне-зимний период взамен летних знаков могут выставляться зимние (ледовые) светящиеся и несветящиеся буи. Они имеют сигарообразный стальной корпус обтекаемой формы, разделенный на водонепроницаемые отсеки. При затоплении любого из отсеков буй остается на плаву.

При ограждении опасностей буи устанавливают один от другого на расстоянии их дальности видимости.

Вежи являются дневными предостерегательными знаками. Государственным стандартом предусмотрено применение вех двух типов: морской и канальной. *Морские вежи* выставляются в прибрежных районах на глубинах 7—20 м, *канальные* — в закрытых районах с глубинами 1—7 м.

Дальность видимости вех составляет 1—1,5 мили. При ограждении опасностей их расставляют на расстоянии не более 10 км одна от другой.

Вежа (рис. 99) состоит из металлического корпуса 2 и пропу-

щенной через него металлической трубы 3. Нижняя часть трубы является хвостовиком, на котором закрепляют балласт из чугунных колец 4. К верху трубы крепится съемный шест с топовой фигурой 1. Для удержания на месте вежа имеет якорное устройство.

На зимний период вместо штатного ограждения могут выставляться зимние вежи (рейсвежи) из сосновых или еловых бревен.

При пользовании плавучими предостерегательными знаками следует помнить, что их стараются размещать как можно ближе к ограждаемой опасности. Поэтому суда не должны приближаться вплотную к этим знакам.

§ 74. СИСТЕМЫ ОГРАЖДЕНИЯ ОПАСНОСТЕЙ ПЛАВУЧИМИ СРЕДСТВАМИ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В водах СССР установлены единые системы ограждения опасностей, сведения о которых даны в Описании систем навигационного оборудования плавучими предостерегательными знаками в водах СССР. Для ограждения опасностей приняты следующие системы:

ограждение навигационных опасностей относительно стран света (кардинальная система);

ограждение сторон каналов и фарватеров (латеральная система);

обозначение осей фарватеров и рекомендованных курсов;

ограждение затонувших судов;

ограждение рыболовных снастей;

ограждение районов прокладки подводных кабелей;

обозначение якорных и карантинных якорных мест.

В качестве плавучих предостерегательных знаков служат буи и вежи, которые могут быть как светящими, так и несветящими. Плавучие предостерегательные знаки различаются по окраске, топовым фигурам, цвету и характеру огня (приложение 3).

Топовые фигуры устанавливаются как на вежах, так и на буйях, однако некоторые буи могут не иметь топовых фигур. В отдельных случаях для отличия данной вежи от ближайших одноименных вех под ее топовой фигурой крепятся один или два шара, окрашенные в цвет самой фигуры.

На плавучих предостерегательных знаках могут быть установлены световые и радиолокационные отражатели, а на буйях, кроме того, ревуны, колоколы или свистки. Некоторым буйам присваиваются номера, которые окрашиваются на корпусах буюв или щитках, прикрепленных к надстройке. Форма и конструкция знаков не регламентирована. Их описание в каждом отдельном случае дается в руководствах для плавания.

Ограждение навигационных опасностей относительно стран света (кардинальная система). По кардинальной системе ограждают навигационные опасности, как лежащие в открытом море, так и простирающиеся от береговой черты; районы, опасные от

мин; районы свалки грунта; запретные для плавания районы и всевозможные полигоны. Взаимное положение опасности и ограждающего ее предостерегательного знака определяется относительно стран света. Для ограждения применяют северные, южные, восточные, западные и крестовые знаки.

Северные буи и вехи выставляются к югу от опасности и указывают: «*Оставь меня к северу*».

Южные буи и вехи выставляются к северу от опасности и указывают: «*Оставь меня к югу*».

Восточные буи и вехи выставляются к западу от опасности и указывают: «*Оставь меня к востоку*».

Западные буи и вехи выставляются к востоку от опасности и указывают: «*Оставь меня к западу*».

Крестовые буи и вехи выставляются на опасностях небольших размеров и указывают: «*Стою на опасности. Меня можно обходить со всех сторон*». Эти знаки являются общими для всех систем.

Окраска корпусов и надстроек буев, вех, топовых фигур, цвет и характер огней светящихся буев приведены в приложении 3.

Ограждение сторон каналов и фарватеров (латеральная система). По латеральной системе ограждаются каналы и фарватеры по принципу правой и левой стороны. Взаимное положение опасности и ограждающего ее предостерегательного знака определяется относительно пути следования судна, идущего по каналу или фарватеру. Наименование сторон канала или фарватера — «правая» и «левая» — принимается с моря, а в особых случаях оговаривается дополнительно.

Предостерегательные знаки выставляются: на сторонах каналов и фарватеров; в местах поворота каналов и фарватеров; в местах разделения и соединения каналов и фарватеров.

Предостерегательным знакам, выставляемым на левой стороне канала или фарватера, присвоены красный цвет, красный огонь и четные номера. Предостерегательным знакам, выставляемым на правой стороне канала или фарватера, присвоены черный цвет, белый огонь и нечетные номера. Нумерация предостерегательных знаков, если она установлена, ведется считая от порта в море, а на фарватерах и рекомендованных курсах — как это удобно по местным условиям.

Отдельно лежащие опасности, которые можно оставлять с обеих сторон, ограждаются крестовыми буями и вехами, описанными в системе ограждения навигационных опасностей относительно стран света.

Для ограждения по латеральной системе применяют следующие знаки.

Левой стороны буи и вехи выставляются на левой стороне канала или фарватера.

Правой стороны буи и вехи выставляются на правой стороне канала или фарватера.

Поворотные левой стороны буи и вехи выставляются на левой стороне каналов и фарватеров в местах их поворота.

Поворотные правой стороны буи и вехи выставляются на правой стороне каналов и фарватеров в местах их поворота.

Разделения и соединения каналов и фарватеров. Буи и вехи выставляются в местах разделения и соединения каналов и фарватеров.

При ограждении прямолинейных участков каналов и фарватеров знаки в большинстве случаев выставляют попарно. На узких каналах и каналах с интенсивным движением судов знаки могут выставляться по шахматной схеме. При одностороннем расположении отмелей и на фарватерах с небольшой интенсивностью движения судов может быть применена односторонняя схема установки знаков.

Если канал или фарватер имеет поворот, то поворотные знаки правой и левой стороны, как правило, выставляют по обеим сторонам канала или фарватера в местах поворота. Если одна из бровок на больших глубинах пропадает, то поворотные знаки могут быть выставлены только с одной стороны. При разделении каналов и фарватеров, наряду со знаками сторон и поворотными, применяют плавучие знаки разделения и соединения каналов и фарватеров. Если на трассе канала имеется препятствие, разделяющее его на определенном участке на два, то используются все знаки, применяемые в латеральной системе. Примерные схемы постановки предостерегательных знаков в перечисленных случаях, окраска знаков и характер огней приведены в приложении 3.

Обозначение осей фарватеров и рекомендованных курсов. Эту систему применяют при плавании по фарватерам или рекомендованным курсам, в районе которых не имеется навигационных опасностей, на мерных линиях, для обеспечения плавания по протраленным от мин фарватерам (см. приложение 3).

Осевые буи и вехи выставляются на оси фарватеров и рекомендованных курсов и указывают: «*Следуй со знака на знак*».

Кроме того, осевой буй может быть выставлен в качестве приемного в начальной точке канала или фарватера.

Поворотные осевые буи и вехи выставляются на оси фарватеров и рекомендованных курсов в местах поворота и указывают: «*У данного знака следует сделать поворот на следующий осевой или поворотный осевой знак*».

Ограждение затонувших судов. *Затонувшего судна* буи и вехи (см. приложение 3) выставляются вблизи затонувших судов. Эти знаки являются общими для всех систем ограждения. Положение вехи или буя относительно ограждаемого затонувшего судна каждый раз оговаривается особо. Знаки окрашиваются в зеленый цвет.

Ограждение рыболовных снастей. Рыболовные снасти ограждаются по системе, согласно которой взаимное положение опасности и ограждающего ее предостерегательного знака определяется относительно стран света. В качестве плавучих предостерегательных знаков служат вехи, которые выставляются рыболовными

организациями по согласованию с Гидрографической службой ВМФ (см. приложение 3).

Северные рыбацкие вехи выставляются к югу от рыболовных снастей и указывают: «*Оставь меня к северу*».

Южные рыбацкие вехи выставляются к северу от рыболовных снастей и указывают: «*Оставь меня к югу*».

Восточные рыбацкие вехи выставляются к западу от рыболовных снастей и указывают: «*Оставь меня к востоку*».

Западные рыбацкие вехи выставляются к востоку от рыболовных снастей и указывают: «*Оставь меня к западу*».

На вехах устанавливаются постоянные огни, их число и цвет указаны в приложении 3.

Ограждение районов прокладки подводных кабелей. *Кабельные* буи и вехи (см. приложение 3) выставляются в местах прокладки подводных кабелей для ограждения районов, запретных для постановки на якорь.

Обозначение якорных и карантинных якорных мест. *Якорные* буи, вехи и швартовные бочки (см. приложение 3) выставляются в местах, предназначенных для якорной стоянки судов.

Карантинные якорные буи, вехи и швартовные бочки (см. приложение 3) выставляются в местах, предназначенных для карантинной якорной стоянки судов.

В водах других стран для ограждения опасностей обычно применяется кардинальная или латеральная система. Однако наружный вид знаков, цвет и характер огня светящих буев отличается от принятых в водах СССР. Описание системы ограждения, принятой в водах той или иной страны, дается в книгах «Огни и знаки» и лоциях.

Глава XIII

СТАНЦИИ И СИГНАЛЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ПЛАВАНИЯ СУДОВ

§ 75. СТАНЦИИ, ОБСЛУЖИВАЮЩИЕ МОРЕПЛАВАТЕЛЕЙ

Для передачи на суда различной информации, предупреждения их об опасности, определения места судна и других целей служат специально оборудованные станции, обслуживающие мореплавателей.

Радиостанции в зависимости от их назначения подразделяются на ряд типов:

службы погоды и ледовой службы, передающие гидрометеорологические сводки, штормовые предупреждения, прогнозы погоды и ледовые прогнозы;

передающие навигационные извещения и предупреждения мореплавателям;

передающие сигналы времени;

передающие по запросу медицинские советы.

Телефонные и радиотелефонные станции расположены при маяках и предназначены для передачи в ближайшие порты различных сообщений с проходящих судов.

Семафоры обычно расположены на плавучих маяках, лоцманских станциях и постах. С их помощью необходимые сообщения передаются на суда по Международному своду сигналов (МСС).

Спасательные станции служат для оказания помощи судам и людям, терпящим бедствие, и располагаются при маяках и плавмаяках или в портах.

Лоцманские станции (лоцвахты) оборудованы в портах, на плавмаяках или на специальных лоцманских судах. На них базируются лоцманы в ожидании вызова, для проводки судов. Вызов лоцмана осуществляется подъемом флага G (Голф) по Международному своду сигналов, световой сигнализацией знаками Морзе (клатиковой лампой), а во время тумана — звуковым сигналом.

Сведения о станциях, обслуживающих мореплавателей, помещаются в пособиях для плавания: лоциях, книгах «Огни и знаки» и «Радиотехнические средства навигационного оборудования».

§ 76. СИГНАЛЫ, ПРАВИЛА И ИНСТРУКЦИИ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ

Для оповещения судов об опасности, ожидаемых штормах, высоте воды, запрещении входа или выхода из портов и в других случаях применяют специальные сигналы. Некоторые из них являются международными, другие вводятся собственным законодательством прибрежных государств. Сведения о сигналах даются в Международном своде сигналов, а также в лоциях.

В выпуске № 1 Извещений мореплавателям Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны СССР каждого года приводится описание многих сигналов, а также публикуются правила и инструкции, регулирующие мореплавание в водах СССР. Приведем важнейшие сигналы.

Сигналы предостережения об опасности. В случае, если на плавучем маяке, сигнальном посту или любом судне заметят, что курс какого-либо судна ведет к опасности, на них днем поднимается сигнал по МСС U (Юниформ), означающий: «Вы идете к опасности», и одновременно подаются установленные звуковые сигналы.

Сигнализация о штормах и сильных ветрах. Для предупреждения судов морского, речного и рыболовного флота об ожидаемых штормах и сильных ветрах установлены специальные сигналы, которые поднимаются на сигнальных мачтах в портах и на маяках по штормовому предупреждению, получаемому от органов гидрометслужбы. Всего установлено 16 номеров сигналов (приложение 4).

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

Для указания направления ветров, обозначенных сигналами № 5—8, одновременно с ними поднимается один из сигналов № 9—12. В случае, если ожидается дальнейшее усиление ветра до 8 баллов и более, сигналы № 5 и 8 с сигналами № 9—12 заменяются сигналами № 1—4 или 6—7 с сигналами № 9—12. Сигналы № 13—14 поднимаются при поднятых сигналах № 1—4 и, в случае необходимости, с одним из сигналов № 9—12.

Сигналы № 15 и 16 поднимаются днем для приближенного указания времени наступления ожидаемой погоды 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.

Сигналы о состоянии пути поднимаются на сигнальных мачтах, установленных у входа в порты, каналы и на барах рек. Они регулируют движение судов и позволяют судоводителям правильно ориентироваться при входе или выходе из портов.

В некоторых портах отмечают направление изменения уровня прилива и отлива подъемом сигналов № 1—2 (приложение 5).

Высота воды в портах и на подходах к ним указывается подъемом сигналов № 3—6 (см. приложение 5). Высота воды измеряется от нуля футштока в единицах, равных каждая 20 см. Сигналы № 3—6 поднимаются в следующем порядке:

а) конусы, показывающие единицы, могут быть расположены по одной вертикальной линии либо по двум вертикальным линиям;

б) цилиндр, показывающий полуединицу, может быть помещен по этой же вертикали и ниже единиц либо влево от вертикали единиц;

в) цилиндры, показывающие каждые пять единиц, располагаются вертикально вправо от линий или линии, предназначенных для единиц;

г) шары, показывающие каждые двадцать пять единиц, располагаются вертикально по крайней правой стороне.

Левая и правая стороны считаются в отношении мореплавателя, идущего с моря.

Ночные сигналы располагаются в таком же порядке, как и дневные.

Наличие обстоятельств, препятствующих входу или выходу из порта или же входу или выходу на фарватеры, указывается подъемом одного из сигналов № 7—11 (приложение 6).

Подъем и спуск сигналов № 1—11 возлагается на администрацию портов.

РУКОВОДСТВА И ПОСОБИЯ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

§ 77. НАЗНАЧЕНИЕ РУКОВОДСТВ И ПОСОБИИ
ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

Для обеспечения безопасности судовождения недостаточно располагать той навигационной информацией, которая может быть получена при помощи навигационных, справочных и вспомогательных морских карт. В дополнение к ним ГУНиО МО, министерства морского флота и рыбного хозяйства, а также Гидрометеоздат издают ряд руководств и пособий для плавания. В число основных руководств входят лоции, книги «Огни и знаки» («Огни») и «Радиотехнические средства навигационного оборудования».

Необходимый для судоводителя справочный и инструктивный материал приводится также в таких изданиях, как Каталог карт и книг, расписания радиопередач навигационных и гидрометеорологических сообщений, гидрометеорологические атласы, таблицы приливов, описание маршрутов, правила плавания, Мореходные таблицы, Морской астрономический ежегодник (МАЕ) и др.

§ 78. ЛОЦИИ

В лоциях содержатся сведения навигационного и гидрометеорологического характера, которые позволяют судоводителю изучить условия плавания в районе следования судна. В них также даются рекомендации о выборе курсов и приводятся другие данные, которые не могут быть помещены на картах.

Лоции издаются для отдельных морей или их частей, а также для отдельных районов океанов. В каждой лоции материал располагается примерно в одинаковом порядке. В начале книги помещают лист для учета корректуры, затем обращение к мореплавателям, в котором содержится просьба сообщать органам ГУНиО МО сведения, необходимые для исправления карт и пособий.

В «Общих замечаниях» приводятся сведения, поясняющие текст лоции: о принятых единицах расстояния, о высоте сооружений, о глубинах, направлениях границ секторов освещения огней и т. п. В начале книги помещается схема района, охватываемого данным описанием. Далее следует раздел «Общий обзор», который включает в себя навигационно-географический и гидрометеорологический очерки района, а также правила плавания.

Основным разделом лоции является «Навигационное описание» берегов. Этот раздел разбит на главы, каждая из которых содержит описание определенного участка побережья. В описание побережья включены сведения о приметных пунктах, средствах навигационного оборудования, навигационных опасностях, якорных стоянках, указания для входа в порты и сведения о них,

сведения о ветрах, течениях, туманах и т. д. В каждой главе навигационного описания даны наставления для плавания на данном участке побережья и приводятся рекомендации для выбора курсов.

В конце книги помещают справочный отдел и алфавитный указатель.

Необходимые сведения, которые по содержанию относятся к определенному разделу лоции, находят с помощью оглавления. Если же требуются данные о конкретном пункте на побережье (мыс, бухта, маяк, порт и т. п.), то нужную страницу книги находят по алфавитному указателю.

Лоции переиздаются через 4—6 лет. В промежутке между двумя изданиями выпускаются дополнения к лоциям, а также вносятся необходимые изменения непосредственно в текст книги.

§ 79. «ОГНИ И ЗНАКИ» («ОГНИ»)

Книги «Огни и знаки» содержат сведения обо всех штатных средствах навигационного оборудования, за исключением вех. Руководства «Огни» издаются на иностранные воды и содержат сведения только о светящихся СНО.

Книги «Огни и знаки» («Огни») издаются для отдельных морей. Расположение материала в каждой книге примерно одинаковое. Как и в лоциях, в каждом руководстве помещаются лист для учета корректуры, обращение к мореплавателям, карта-схема района, охватываемого данным пособием. Затем следует раздел «Общие замечания», в котором сообщается о времени действия СНО, о принятой системе показа направлений и створов, о характере и дальности видимости огней, о средствах туманной сигнализации и т. д. В разделе «Описание систем навигационного оборудования плавучими предостерегательными знаками» описываются системы ограждения опасностей, принятые в водах государств, входящих в данный район.

Основным разделом книги является «Описание средств навигационного оборудования». В нем в табличной форме приведены необходимые сведения о маяках, светящих и несветящих знаках, плавучих маяках и буйах.

Сведения обо всех СНО даются в географической последовательности; каждому огню, знаку и другим сигналам присвоен порядковый номер. В конце книги помещен алфавитный указатель, в котором против названия маяка, огня, знака или буя указан его порядковый номер по описанию. Алфавитный указатель служит для отыскания в книге сведений о нужном объекте.

Книги «Огни и знаки» («Огни») переиздаются обычно через 2—3 года. В промежутке между двумя изданиями они корректируются по Извещениям мореплавателям. Для сведений о вновь учрежденных СНО имеются резервные порядковые номера.

**НИДЕРЛАНДЫ. От мыса Кап-Хофд до реки Шельда.
Рукав Зегат-ван-Брауверсхавен**

№	Название и положение шир. N долг. O	Цвет, характер, сила света и дальность видимости огня	Описание маяка, знака		Секторы освещения, направления створов, звуко-сигнальные средства, радиомаяк. Дополнительные сведения
			Высота сооружения от основания, м	Высота огня, знака от уровня моря, м	
5100	ВЕСТ-СХАУВЕН На западном берегу острова Схаувен 51°43' 3°42'	Бл Гр Пр(2+1) (15с) <i>пр. 0,2, темн. 2,4</i> <i>» 0,2 » 6,0</i> <i>» 0,2 » 6,0</i> 5200000 20M	Серая круглая каменная башня с темно-красной горизонтальной полосой в верхней части	50 58	Штормовые сигналы

§ 80. КНИГИ «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

В книгах «Радиотехнические средства навигационного оборудования» приводятся сведения о радионавигационных системах, секторных радиомаяках дальнего действия, морских круговых радиомаяках и других типах радиотехнических СНО.

В каждой книге содержатся данные о навигационном оборудовании нескольких морей или океанов. Материал в руководствах расположен в следующем порядке: обращение к мореплавателям, лист для учета корректуры, оглавление, сборный лист схем расположения радиомаяков, общие замечания и отделы со сведениями о РТСНО соответствующего типа. Каждому объекту в руководстве присвоен порядковый номер, а описание РТСНО в отделах ведется по странам в географической последовательности.

В конце книги помещены алфавитные указатели опознавательных сигналов и названий радиотехнических СНО. Во втором указателе рядом с названием объекта сообщается о его типе (круговой радиомаяк, аэрорадиомаяк и т. п.).

Как правило, каждый том руководства содержит следующие отделы с описаниями РТСНО:

отдел I. Радионавигационные системы — содержит описание принципов работы и краткие технические данные фазовых и импульсных систем «Декка», «Лоран-А» и «Лоран-С»; приводятся сводные таблицы станций и схемы их расположения;

отдел II. Секторные радиомаяки — содержит информацию о работе этих маяков с таблицами для определения радиопеленгов;

отдел III. Морские радиомаяки и аэрорадиомаяки — содержит сведения о круговых, комбинированных и створных морских радиомаяках и об аэрорадиомаяках.

Описание каждого радиомаяка начинается с его порядкового номера, названия, типа и координат. В следующей строке указывается опознавательный сигнал (в скобках по азбуке Морзе), частота излучения в килогерцах, род работы и дальность действия.

Для удобства пеленгования многие радиомаяки объединены в навигационные группы. В одну группу входит не более шести радиомаяков, работающих на общей частоте в определенной последовательности в одном шестиминутном цикле. В течение цикла каждый из шести радиомаяков включается в работу один раз на 1 мин. Если в группе меньше шести радиомаяков, то в течение шестиминутного цикла один или несколько из них может включаться в работу и более одного раза. Радиомаякам присваиваются порядковые номера в группе. Сведения о времени работы каждого из них приводятся в таблице, которая помещается при описании радиомаяка с первым порядковым номером.

В конце отдела III приведены схемы расположения радиомаяков по отдельным морям и их частям.

Отделы IV, V, VI, VII содержат описание радиостанций, работающих по запросу для пеленгования, радиомаяков на океанских судах службы погоды, радиопеленгаторных станций и радиолокационных маяков.

Для получения из книги РТСНО необходимых сведений о радиомаяках по карте выбирают в районе плавания судна несколько радиомаяков. Определив их названия, входят в алфавитный указатель названий радиотехнических средств СНО и находят там присвоенные маякам порядковые номера. С этими номерами входят в описание радиомаяков, откуда выбирают сведения о порядке и характере их работы. Порядковые номера радиомаяков могут быть установлены также по схемам расположения радиотехнических СНО.

Если необходимо по услышанному опознавательному сигналу установить название и местонахождение радиомаяка, пользуются алфавитным указателем опознавательных сигналов, в котором указаны порядковые номера радиотехнических СНО.

Книги РТСНО обычно переиздаются через 3 года. Они корректируются по Извещениям мореплавателям.

§ 81. КАТАЛОГ КАРТ И КНИГ

Каталог карт и книг является справочным пособием, содержащим перечень всех предназначенных для обеспечения мореплавания изданий ГУНиО МО СССР. Он также служит для подбора карт и руководств для плавания. Каталог переиздается периодически по мере накопления изменений.

Каталог имеет два раздела: «Карты» и «Книги». Перед разделом I «Карты» помещен номерной указатель карт, составленный в порядке возрастания их адмиралтейских номеров. Против

номера каждой карты указана страница каталога, на которой приведены сведения о ней.

Затем следует сборный лист сборных листов карт, с помощью которого устанавливают номер коллекции, в которую входит та или иная карта.

Отдел I «Морские навигационные карты» разбит на коллекции по бассейнам и их частям. В каждую коллекцию входят сборный лист карт данного бассейна и текст к нему. Сборные листы являются бланковыми картами океанов и морей, на которых прямоугольными фигурами показаны границы навигационных карт, изданных на данный бассейн. Проставленные внутри прямоугольников цифры обозначают адмиралтейские номера карт. Текст к сборному листу составлен по схеме, в которую вписаны следующие данные о картах: номер, название, масштаб, даты первого издания, нового издания или большой корректуры. В первую коллекцию каталога включены генеральные карты, в остальные — путевые, частные карты и планы.

В отделе II даны сведения о специальных, справочных и вспомогательных картах.

Раздел II «Книги» содержит сведения об изданных лоциях и дополнениях к ним, описаниях огней и знаков, радиотехнических СНО и других изданиях. Границы лоций, описаний огней и знаков, РТСНО указаны обычно на соответствующих сборных листах. Об этих книгах в тексте каталога приводятся такие сведения, как номер по схеме, название, год издания, цена и др.

Глава XV

ПОДДЕРЖАНИЕ КАРТ И РУКОВОДСТВ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ НА УРОВНЕ СОВРЕМЕННОСТИ

§ 82. КОРРЕКТУРНЫЕ ДОКУМЕНТЫ: ИЗВЕЩЕНИЯ МОРЕПЛАВАТЕЛЯМ, НАВИМ И НАВИП

Навигационная обстановка в морях и океанах не остается постоянной. С течением времени происходит изменение береговой черты, рельефа дна, заменяется и совершенствуется навигационное оборудование. Для систематического исправления содержания морских карт и руководств для плавания издается специальная информация, содержащая сведения обо всех изменениях, происшедших в навигационной обстановке.

Поддержание карт и руководств для плавания на современном уровне называется корректурой; документы, содержащие сведения об изменениях в обстановке, называются корректурными. Их издают органы Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны СССР в виде выпусков

Извещений мореплавателям. Наиболее важная и срочная навигационная информация передается по радио.

К корректурным документам относятся также дополнения и сводные корректуры к руководствам для плавания.

Извещения мореплавателям издаются еженедельно отдельными выпусками, каждый из которых имеет свой порядковый номер.

Выпуск ИМ № 1 выходит в начале года и по своему содержанию отличается от всех последующих. На предстоящий год в нем объявляются положения, правила и инструкции, регулирующие мореплавание в морях СССР. К ним относятся Правила о сигналах бедствия и оповещениях об опасностях для мореплавания, Правила расхождения судов с морскими дноуглубительными снарядами и с судами, занятыми специальными работами, Выдержки из Правил сигналопроизводства об ожидаемых штормах и сильных ветрах на морях, озерах и водохранилищах СССР, извещения о порядке передачи гидрометеорологических сообщений (МЕТЕО), навигационных извещений мореплавателям (НАВИМ) и навигационных предупреждений (НАВИП), Объявления об опасных от мин районах и фарватерах для плавания в них и т. д.

Судоводители обязаны внимательно изучать первые выпуски ИМ и строго руководствоваться ими в практической деятельности. Выпуски ИМ № 1 всегда должны иметься на судне.

Начиная с выпуска № 2 и до конца года в Извещениях мореплавателям публикуется информация об изменениях навигационной обстановки на морях и океанах мира, об издании и переиздании карт и руководств для плавания и т. д. Расположение материала во всех этих выпусках стандартное. На первой странице указан номер и дата публикации выпуска, номера ИМ, которые вошли в данный выпуск, и общие справочные сведения. Нумерация извещений ведется сквозная в течение календарного года. В каждом выпуске помещается перечень карт и руководств для плавания, подлежащих корректуре. В перечне приводятся номера карт, адмиралтейские номера и названия лоций, описаний огней и знаков, радиотехнических средств навигационного оборудования и прочих руководств и пособий для плавания, которые надлежит исправлять с получением данного выпуска. Против номера каждой карты и руководства указаны номера ИМ. Номера временных и предварительных ИМ напечатаны курсивом.

В разделе «Последовательность расположения Извещений мореплавателям в выпуске» против названий океанов, морей и их районов указаны страницы, на которых помещены относящиеся к ним ИМ.

В отделе I «Навигационные извещения и общая информация по вопросам мореплавания» содержатся ИМ, используемые непосредственно для корректуры карт. В каждом ИМ после его порядкового номера указывается название страны, залива бухты или берега, где произошли изменения в навигационной обстановке. Затем указывается краткое содержание извещения и сообщаются сведения о происшедших изменениях. В заключение приво-

дятся номера карт и названия руководств, подлежащих исправлению по данному извещению, а также указывается основание для его публикации. Извещения мореплавателям по своему характеру могут быть *постоянными, временными и предварительными*. Временные ИМ содержат сведения о непродолжительных изменениях в навигационной обстановке, предварительные — о предполагаемых в предстоящий период времени изменениях в обстановке. Рядом с номером извещения, имеющего временный или предварительный характер, в скобках печатается буква (В) или (П).

В этом же отделе печатаются ИМ, в которых приводятся указания по исправлению карт, не опубликованные в навигационных извещениях.

В отделе II помещена информация об изданиях ГУНиО МО, которая используется для корректуры Каталога карт и книг.

В отделе III «Корректурa руководств и пособий для плавания» помещены ИМ, служащие только для корректуры лоций, описаний огней и знаков и т. д. Эти извещения напечатаны на одной стороне листа по такой же форме, как и соответствующее пособие. Сделано это для того, чтобы текст извещения можно было бы вырезать из выпуска и вклеить на нужной странице корректируемой книги.

В отделе IV печатаются переданные по радио НАВИПы. Для облегчения корректуры дважды в год издаются *номерники извещений мореплавателям* к картам и руководствам для плавания: полугодовые и годовые. В номерниках в порядке возрастания адмиралтейских номеров перечисляются подлежащие корректуре карты и руководства для плавания. Против них напечатаны относящиеся к ним ИМ. В конце номерника помещается перечень изданий ГУНиО МО за данный период, а также перечень действующих сводных корректур к руководствам для плавания.

Кроме ИМ ГУНиО МО, на отдельных бассейнах издаются Извещения мореплавателям гидрографических служб (ИМ ГС); в этих изданиях помещаются сведения об изменениях в навигационной обстановке в водах данного морского бассейна.

Передаваемая по радио наиболее срочная и важная информация об изменении в навигационной обстановке подразделяется на два вида.

Навигационные извещения мореплавателям (НАВИМ) содержат информацию на воды, омывающие берега СССР. Они передаются специально объявленными радиостанциями в каждом бассейне строго по расписанию. В НАВИМ включены сведения об изменениях или неисправностях в навигационном ограждении на морях, изменениях в опасных от мин районах, о плавающих минах, о фарватерах и их ограждении, о затонувших судах и т. д. НАВИМы имеют порядковую нумерацию, которая начинается с 1 января каждого года, что позволяет обнаружить возможный пропуск в их приеме на судне. Если содержащаяся в НАВИМе информация имеет продолжительный срок действия, ее публикуют

затем в ИМ. НАВИМы, утратившие свое значение, отменяются по радио, а содержащие информацию с указанием срока действия — утрачивают свое значение по истечении последнего без специального объявления об отмене.

Кроме передаваемых по расписанию очередных НАВИМов, радиостанциями могут быть переданы и имеющие срочный характер внеочередные оповещения об опасностях для мореплавания.

Навигационные предупреждения (НАВИП) содержат навигационную информацию на прибрежные воды иностранных государств и воды открытого моря. Они передаются по расписанию радиостанциями, расположенными в Калининграде (передает НАВИПы на район Атлантического океана), Владивостоке (на район Тихого океана) и Киеве (на районы Индийского океана, Средиземного, Красного и Черного морей). НАВИПы имеют порядковую нумерацию, которая начинается с 1 января каждого года. Порядок публикации и отмены содержащихся в НАВИПах сведений такой же, как у НАВИМов. Составляют НАВИПы на основании материалов, передаваемых иностранными станциями, а также по сообщениям с советских судов, находящихся в зарубежных водах.

§ 83. СИСТЕМА ПЕРЕИЗДАНИЯ КАРТ И РУКОВОДСТВ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ. КОРРЕКТУРА КАРТ И КНИГ В БЕРЕГОВЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ

Карты и руководства для плавания систематически исправляются по корректурным документам. Накапливающиеся со временем исправления затрудняют пользование ими. В связи с этим разработана система переиздания (корректур) карт и книг.

Введены следующие виды переиздания (корректур) карт;
новое издание, осуществляемое в тех случаях, когда из-за большого числа исправлений требуется изготовление новых оригиналов карт;

большая корректура, заключающаяся в выпуске нового тиража карт без пересоставления оригиналов, но с учетом всех изменений в навигационной обстановке. Такое переиздание осуществляют, когда число исправлений настолько велико, что они не могут быть выполнены вручную;

вклейка — вновь отпечатанный отдельный участок карты с необходимыми исправлениями;

малая корректура — выпуск дополнительного тиража карт, когда предыдущий израсходован. При таком издании учитываются все изменения в обстановке, объявленные в постоянных ИМ.

О переиздании карт объявляется в ИМ. Под нижней рамкой карт помещают соответствующую надпись, например, «Больш. Кор. (дата)». Дата указывает время переиздания карты и последнего учтенного выпуска ИМ.

По выходе карт новым изданием или с большой корректурой предыдущие тиражи этих карт становятся непригодными для навигационных целей и изымаются из пользования.

Переиздание (корректур) руководств для плавания подразделяется на следующие виды:

переиздание, осуществляемое в тех случаях, когда объем исправлений достигает 15% объема текста руководства. По выходе в свет переизданного руководства предыдущий тираж изымается из пользования;

дополнения к лсциям (в отдельных случаях и к другим руководствам), издающиеся периодически по мере накоплений исправлений. На одну книгу может быть издано несколько дополнений, причем каждое новое дополнение включает все, не утратившие силу сведения из предшествующих выпусков. Текст в дополнениях печатается на одной стороне листа в форме поправок и вставок к нужным страницам книги;

сводные корректуры к руководствам для плавания, издающиеся, как правило, ежегодно. Включают в себя все исправления, объявленные в ИМ после издания данного руководства или последнего к нему дополнения.

О выходе в свет переизданных руководств, а также дополнений и сводных корректур объявляется в ИМ.

После выхода из печати все перечисленные издания поступают в довольствующие органы ГУНиО МО и Гидрографических служб флотов, откуда они передаются БЭРНК парокходств и рыбных портов по их годовым заявкам. Все переданные БЭРНК карты и руководства должны быть откорректированы по последним ИМ. На каждом экземпляре карты ставится корректорский штамп, где указаны номера и даты последних выпусков ИМ, использованных при корректуре. В штампе на руководствах, кроме того, указывают о наличии дополнения и сводной корректуры. Текущая корректур карт и книг до момента выдачи их на суда продолжается в БЭРНК. На судне карты и руководства корректируют судоводители с того номера ИМ, который указан на корректорском штампе БЭРНК.

Учет имеющихся на судне карт и руководств для плавания должен вестись в Каталоге карт и книг (соответственно в номерном указателе карт и в текстовой части сборных листов руководств). На малых судах, где нет Каталогов карт и книг, учет карт и пособий ведется в особой инвентарной книге.

§ 84. КОМПЛЕКТОВАНИЕ СУДОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ КАРТ И КНИГ.

ПРИЕМЫ КОРРЕКТУРЫ КАРТ И РУКОВОДСТВ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ НА СУДАХ

Обязательный перечень карт и руководств, которые должны быть в судовой коллекции, определяется службой мореплавания с учетом установленных судну планов перевозок, закрепления

судна на определенной судоходной линии и возможных вариантов изменения районов плавания. Для обеспечения планомерной текущей корректуры судовая коллекция карт и книг подразделяется на три группы. К первой группе относятся в основном карты и руководства, необходимые для обеспечения плавания на закрепленной за судном определенной судоходной линии или по новому маршруту, установленному рейсовым заданием; ко второй — карты и книги, периодически используемые при отклонениях судна от намеченного пути, заходы в порты-убежища и т. д.; к третьей — карты и руководства, которые охватывают районы только возможного плавания судна.

Поддержание судовой коллекции карт и руководств для плавания на уровне современности путем их текущей корректуры является обязанностью третьего помощника капитана, а контроль за состоянием корректуры осуществляют капитан судна и его старший помощник.

Установлен следующий порядок корректуры на судне. С приходом в порт третий помощник капитана получает в БЭРНК или в инспекции портового надзора ИМ, вышедшие в свет за время нахождения судна в рейсе. По ним немедленно корректируют комплекты карт и книг первой группы. С неоткорректированными картами и руководствами для плавания этой группы выход в рейс запрещается. Как исключение при кратковременной стоянке в порту и большом объеме корректуры разрешается до выхода судна в рейс провести корректуру в таком объеме, чтобы обеспечить плавание судна не менее чем на трое суток. Остальная корректура выполняется на переходе морем.

Карты и руководства второй группы корректируются после завершения корректуры первой группы, а третьей группы — только при необходимости.

При корректуре применяют следующие приемы. Пользуясь перечнями карт, руководств и пособий для плавания, подлежащих корректуре по каждому из полученных выпусков ИМ, отбирают нужные карты и книги из судовой коллекции. При большом количестве выпусков ИМ пользуются полугодовыми или годовыми номерниками ИМ. Для каждой отобранной карты или книги выписывают относящиеся к ней номера ИМ, по которым находят тексты извещений.

Корректуру карт начинают с последнего номера ИМ, что исключает необходимость внесения исправлений по отмененным извещениям. Руководствуясь содержанием извещения, производят на карте нужные исправления. По постоянным ИМ все новые данные наносят красной тушью или чернилами чертежным пером. Отмененные обозначения перечеркивают крестиком, а текстовую часть зачеркивают двумя тонкими линиями.

По временным и предварительным ИМ, а также по НАВИМам и НАВИПам корректуру производят аналогично, но выполняют простым карандашом, причем места исправлений обводят. Все условные обозначения и сокращения наносятся на карту в соответ-

ствии с Условными знаками морских карт. Вклейки к картам наклеивают на соответствующие места.

На откорректированных картах в нижнем левом углу под рамкой тушью записывают наименование и номера ИМ, использованных при корректуре, дату последнего выпуска ИМ и ставят подпись выполнившего корректуру, например ИМ ГУНиО МО № 218, 219.8.01.75 (подпись)

Руководства для плавания корректируют только по постоянным ИМ. Корректуру выполняют от руки красной тушью (чернилами) или с помощью вклеек, если текст, подлежащий внесению или исправлению, имеет большой объем. В последнем случае исправляемый текст вычеркивают красной тушью, а вырезку из выпуска ИМ приклеивают за край к внутреннему полю страницы книги в том месте, где вычеркнут текст.

При внесении корректуры от руки на полях страницы указывают название, номера и год издания корректурных документов.

Все новые и измененные географические названия, приведенные в тексте ИМ, должны быть включены в алфавитные указатели руководств для плавания, а упраздненные — исключены из них.

Если руководство для плавания без пропусков исправляли по ИМ, то по полученному дополнению (сводной корректуре) делается только контроль выполненной корректуры. В противном случае книга должна быть откорректирована по этим документам.

О выполненной корректуре руководства для плавания делают отметку на листе для учета корректуры, который помещен в начале каждой книги. В лист вписывают наименование ИМ, номер и дату последнего использованного выпуска.

Корректур Каталога карт и книг производится по отделу II ИМ ГУНиО МО одновременно с корректурой карт первой группы, что позволяет своевременно получить сведения о переиздании карт и руководств для плавания и заменить изъятые пособия. Исправления вносят красными чернилами как в текст каталога, так и в сборные листы.

Для учета выполненной корректуры на выпусках ИМ ставят дату ее завершения и подпись выполнившего корректуру. Номера извещений, по которым сделаны исправления, обводят кружком.

Перед оформлением отхода судна из порта третий помощник капитана должен ознакомиться в БЭРНК или в инспекции портового надзора с последней навигационной информацией, объявленной на день выхода судна в рейс, по которой нужно дополнительно произвести корректуру карт и руководств для плавания первой группы.

В рейсе карты корректируют по НАВИМам и НАВИПам. Принятые НАВИМ и НАВИП записывают в Журнал учета навигационной информации, вместо записи в журнал разрешается вести подшивку радиотелеграфных бланков с текстом извещений. Карты первой группы корректируются по НАВИМам и НАВИПам

немедленно. О выполнении корректуры делают отметку под рамкой карты, а также в Журнале учета навигационной информации или на бланке извещения.

Глава XVI

ПРИЛИВНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

§ 85. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИЛИВАХ

Уровень моря, т. е. положение поверхности воды на определенном его участке, как правило, не остается постоянным. Колебания уровня могут вызываться различными причинами и в зависимости от характера их действия бывают непериодическими (случайными) и периодическими.

Непериодические, или случайные, колебания уровня обычно являются следствием резкого изменения атмосферного давления или возникновения устойчивого и сильного ветра, который приводит к сгону или нагону воды у берегов.

Периодические колебания уровня воды в морях и океанах обусловлены совокупным действием приливообразующих сил Луны и Солнца. Эти силы вызывают приливо-отливные явления, т. е. периодические поднятия (приливы) и опускания (отливы) уровня. Кроме того, периодические колебания уровня моря могут определяться сезонными изменениями в объеме речных стоков, количеством выпадающих осадков и т. д.

Приливо-отливные явления наиболее просто объясняются статической теорией приливов Ньютона.

Система Луна — Земля вращается вокруг их общего центра тяжести O , находящегося внутри Земли (рис. 100). Луна притягивает к себе каждую частицу на поверхности Земли с силой F , величина которой тем больше, чем ближе находится частица к этому светилу. Силы притяжения F направлены к центру Луны (L). Кроме силы притяжения, на каждую частицу одновременно действует центробежная сила Z , возникающая от вращения системы Земля — Луна вокруг их общего центра тяжести O . В каждой точке Земли силы Z одинаковы по величине, параллельны друг другу и направлены в сторону от центра вращения, т. е. от Луны.

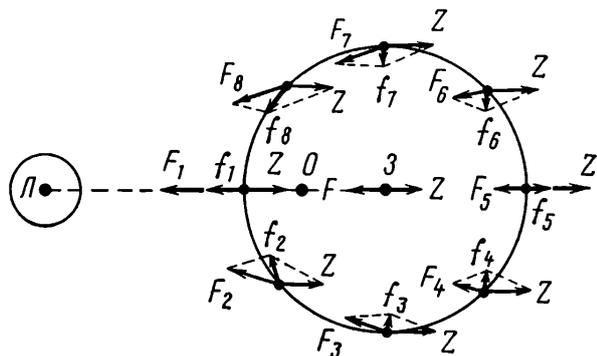


Рис. 100. Приливообразующие силы

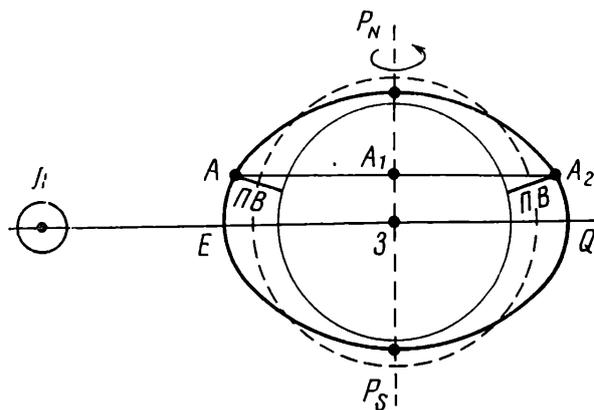


Рис. 101. Приливной эллипсоид

Силы F и Z не уравнивают друг друга. Их равнодействующая f является приливообразующей силой Луны, действующей на данную частицу Земли. Горизонтальные составляющие приливообразующих сил f , направленные как в сторону Луны, так и от нее, вызывают перемещение частиц воды в направлении к меридиану, на котором Луна в данный момент кульминирует.

В результате такого перемещения водная оболочка Земли утрачивает сферическую форму и приобретает вид эллипсоида (рис. 101). Его большая ось всегда направлена к центру Луны, а следовательно, в любой рассматриваемый момент времени прилив или полная вода (ПВ) будет находиться на меридиане кульминации Луны P_NEP_SQ . На перпендикулярном этому меридиану круге освещения P_NZP_S наблюдается отлив или малая вода (МВ).

Приливной эллипсоид, подобный рассмотренному, будет возникать и под воздействием приливообразующих сил Солнца. Однако приливообразующие силы Луны в 2,17 раза больше, чем у Солнца, вследствие чего они играют в приливых явлениях основную роль. Поскольку Земля имеет суточное вращение, то в течение одних лунных суток (24 ч 50 м)* в любой точке Мирового океана (кроме полюсов) должны происходить два прилива и два отлива с одинаковыми колебаниями уровня. При этом полная вода должна наступать точно в момент прохождения Луны через меридиан данного места, т. е. когда Луна находится в верхней или нижней кульминации. Промежуток времени между каким-либо приливом и последующим отливом при этом должен составлять 6 ч 12 м, т. е. четверть лунных суток, а между двумя последовательными приливами или двумя отливами — 12 ч 25 м, т. е. половину лунных суток. Такой теоретически обоснованный характер приливов мог бы, однако, наблюдаться в Мировом океане только при соблюдении ряда условий: склонение Луны и Солнца неизменно равно нулю, т. е. эти светила всегда располагаются в плоскости земного экватора; удаление светил от Земли не изменяется; время одного видимого оборота Солнца и Луны вокруг Земли одинаково; масса воды не обладает вязкостью и т. д. В действительности же Луна и Солнце постоянно и с разной скоростью меняют свое склонение, а также взаимное расположение по отношению к Земле. Непрерывно изменяются и расстояния от Земли до этих светил.

Перечисленные причины приводят к возникновению в приливых явлениях ряда так называемых неравенств, делающих картину приливов довольно сложной.

Суточные (тропические) неравенства по высоте и времени проявляются в том, что высоты уровней двух последовательных полных или двух малых вод, а также промежутки времени между соседними полными и малыми водами резко от-

* Лунными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными одноименными (верхними или нижними) кульминациями Луны, или же время одного оборота Земли относительно Луны.

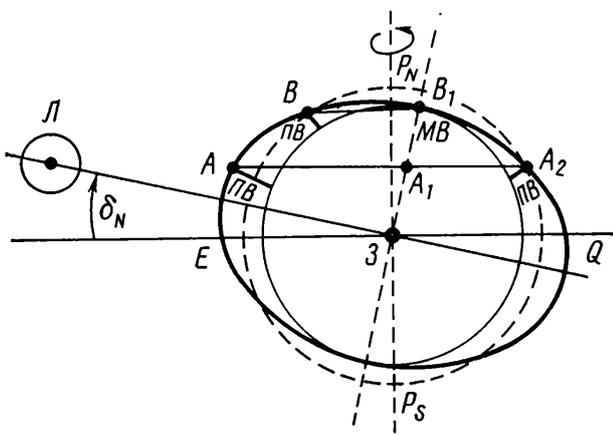


Рис. 102. Неравенства прилива

момент в некоторой точке A наблюдается полная вода (ПВ). Когда вследствие суточного вращения Земли эта точка окажется на круге освещения в положении A_1 , в ней будет наблюдаться малая вода (МВ). Вторая полная вода будет наблюдаться в положении A_2 , однако ее высота будет меньше, чем в точке A . Так как дуга AA_1 больше дуги A_1A_2 , то промежуток времени от первой полной воды до малой будет больше, чем от малой воды до второй полной. Из рис. 102 также следует, что на параллели BB_1 в течение лунных суток будет наблюдаться не по две полных и малых вод, а только одна полная (положение B) и одна малая вода (положение B_1).

Таким образом, в различных частях Мирового океана приливы могут иметь полусуточный, суточный, а также смешанный характер.

Полусуточные приливы характеризуются тем, что в течение лунных суток бывают две полные и две малые воды, т. е. период явления составляет половину суток. Высоты двух последовательных полных или малых вод мало разнятся, т. е. суточные неравенства в высотах малы. Время роста и время падения уровня практически равны.

Суточные приливы характеризуются тем, что в течение суток бывает одна полная и одна малая вода, т. е. период явления равен суткам.

Смешанные приливы делятся на две группы: неправильные полусуточные и неправильные суточные.

Неправильные полусуточные приливы сохраняют на протяжении месяца две полные и две малые воды в сутки. Однако в отличие от полусуточных приливов высоты двух смежных полных или малых вод сильно разнятся, причем в некоторые дни второе колебание уровня почти незаметно. Суточные неравенства в высотах достигают наибольших значений при максимальном северном или южном склонении Луны.

Неправильные суточные приливы характеризуются преобладанием особенностей приливов суточного характера. Только при склонении Луны, близком к нулю, наблюдаются полусуточные

личаются. Эти неравенства возникают вследствие изменения склонения Луны и бывают наибольшими при максимальном склонении (Луна на небесном тропике).

Действительно (рис. 102), если Луна имеет некоторое северное склонение δ_N , отличное от нуля, то приливной эллипсоид, направленный своей большой осью к центру Луны, располагается не симметрично относительно оси Земли. В рассматриваемый

приливы. По мере увеличения склонения Луны растут суточные неравенства. Когда второе колебание уровня перестает проявляться, приливы становятся суточными.

Полумесечные (фазовые) неравенства являются следствием изменения взаимного положения Луны, Солнца и Земли. Когда все три светила находятся в одной плоскости, что бывает два раза в течение лунного месяца, в дни полнолуния и новолуния, приливообразующие силы Солнца усиливают лунный прилив. В эти дни наблюдается наивысший уровень воды при приливе и наибольшее падение уровня при отливе. Такие приливы называют сизигийными.

Когда Луна и Солнце располагаются по отношению к Земле в плоскостях взаимно перпендикулярных, что бывает также два раза в течение лунного месяца, при нахождении Луны в первой и последней четвертях, приливообразующие силы Солнца ослабляют лунный прилив. В эти дни наблюдается наименьший подъем уровня воды при приливе и наименьшее падение его при отливе. Такие приливы носят название квадратных.

Параллактические неравенства в высотах приливов возникают вследствие изменения расстояний от Земли до Луны и Солнца из-за того, что движение светил происходит по эллиптическим орбитам. Когда Луна находится в перигее, т. е. в наименьшем удалении от Земли, ее приливообразующая сила на 40% больше, чем во время ее нахождения в апогее, т. е. при наибольшем удалении от нашей планеты. Аналогичное изменение приливообразующей силы Солнца при годовом движении Земли по ее орбите составляет 10%.

Наряду с явлениями суточных, полумесечных и параллактических неравенств в приливных явлениях проявляются запаздывания. Запаздывания являются следствием того, что на перемещающиеся водные массы влияют силы внутреннего и внешнего трения. Мировой океан расчленен материками, а рельеф его дна весьма разнообразен. В результате, полные воды наступают не в момент кульминации Луны на меридиане данного места, а несколько позже. Период времени между моментом кульминации Луны и наступлением ближайшей полной воды называют *лунным промежутком*. Величина его может составлять несколько часов, причем в данном месте Земли она не остается постоянной. Средний из лунных промежутков, взятых в дни сизигий, называют *прикладным часом порта*. Его значение для различных портов указывают на картах и в навигационных пособиях.

По уже названным причинам происходит также запаздывание сизигийных приливов по отношению к астрономической сизигии, т. е. дням новолуния или полнолуния. Промежуток запаздывания, величина которого может составлять несколько суток, называют *возрастом прилива*.

Характер приливов и их величина в океанах заметно отличаются. В открытом океане их величина не превышает 1 м, но у берегов, особенно в вершинах узких заливов, может достигать 16 м.

В морях СССР наибольшие приливы наблюдаются на Европейском севере, а также в Охотском море. В Кольском заливе Баренцева моря их величина достигает 4 м, на Терском берегу и в Мезенском заливе Белого моря — 8,5, в Архангельске — до 1 м. В Пенжинской губе Охотского моря величина прилива может достигать 13 м, на советском побережье Японского моря прилив не превышает 2,5 м.

В пределах почти всего Атлантического и в ряде районов Тихого океана наблюдаются полусуточные приливы. Такой же преимущественно характер имеют приливы в Баренцевом и Белом морях. Суточный прилив встречается редко, его можно наблюдать в морях, относящихся к бассейну Тихого океана. Неправильные полусуточные приливы распространены в Индийском и Тихом океанах, а неправильные суточные — в Тихом океане.

Во внутренних морях, связанных с океанами узкими проливами, приливы незначительны. В Финском заливе Балтийского моря величина прилива не превышает 14 см, на побережье Черного моря — 10 см.

§ 86. НОМЕНКЛАТУРА ПРИЛИВНЫХ УРОВНЕЙ. НУЛЬ ГЛУБИН

Приливные явления имеют определенную терминологию. Наивысшее положение уровня моря называется *полной водой* (ПВ), наимизшее — *малой* (МВ). Расстояние по вертикали между полной водой и следующей за ней малой называется *величиной прилива* (В). Моменты, когда высота уровня становится наибольшей или наименьшей, соответственно называют *временем полной* ($t_{ПВ}$) и *временем малой воды* ($t_{МВ}$). Если полная или малая вода наблюдается в промежутке времени от 0 до 12 ч, то она называется *утренней*, а от 12 до 24 ч — *вечерней*. Промежуток времени между моментами малой и последующей полной вод называют *продолжительностью роста* или *подъема уровня* (T_p), а промежуток времени между моментами полной и последующей малой вод называют *продолжительностью падения уровня* ($T_{п}$).

Для выполнения необходимых в судовождении расчетов, связанных с вычислением глубин моря, введена номенклатура приливных уровней (рис. 103).

Условный уровень, от которого на морских картах показаны глубины, называется *нулем глубин* (НГ). В советских пособиях (для морей с приливами) за такой уровень принят теоретический нуль глубин, соответствующий наимизшему уровню моря, который возможен по теоретическим расчетам. Этому уровню практически соответствует наимизший уровень из малых сизигийных вод. На иностранных картах за нуль глубин принимаются другие уровни. Так, в английских пособиях глубины показываются не от наимизшего, а от среднего уровня из малых вод сизигийного прилива.

В морях, где приливов практически нет (средняя величина

приливов не превышает 0,5 м), за нуль глубин принимают средний многолетний уровень моря.

Высота воды или высота прилива h есть высота данного уровня моря над нулем глубин. Высоты полных и малых вод принято соответственно обозначать $h_{ПВ}$ и $h_{МВ}$.

Высоту действующего уровня или уровня моря в данный момент обозначают $h_{зад}$. Эту величину называют также *поправкой глубины*, так как для получения действительной глубины моря G_l на данный момент надо к глубине, указанной на карте, $G_{лк}$ прибавить $h_{зад}$:

$$G_l = G_{лк} + h_{зад}.$$

При работе с советскими пособиями $h_{зад}$ всегда имеет положительное значение, так как за нуль глубин здесь принят наименьший уровень из малых сизигийных вод.

Высота маяков, знаков и других ориентиров в морях, где наблюдаются приливы, дается от среднего уровня сизигийных полных вод, а в морях, где приливы отсутствуют, от среднего уровня моря.

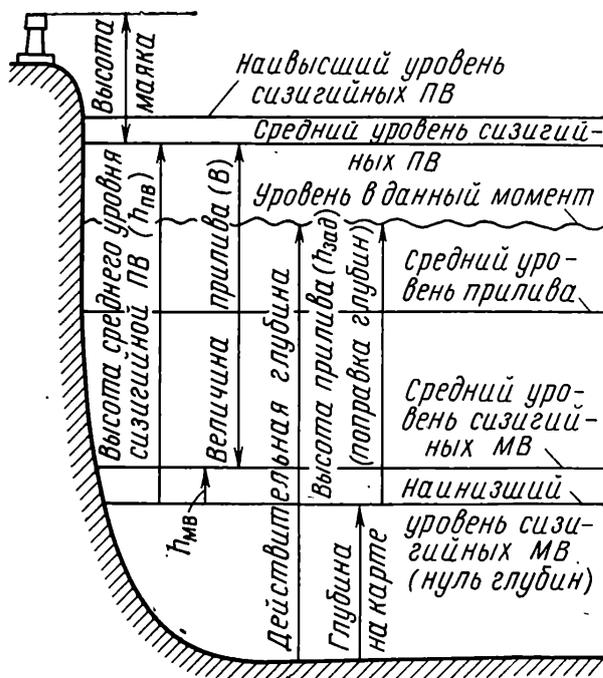


Рис. 103. Номенклатура приливных уровней

§ 87. СОВЕТСКИЕ ТАБЛИЦЫ ПРИЛИВОВ И ПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИ

Приливо-отливные явления играют большую роль в судовождении. В зависимости от обстоятельств плавания может встретиться необходимость в тех или иных предвычислениях приливов. Для этого используют Таблицы приливов, издаваемые ежегодно Главным управлением Гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР в нескольких томах для различных районов Мирового океана. Каждый том таблиц состоит из двух частей: часть I. «Приливы в основных пунктах»; часть II. «Поправки для дополнительных пунктов».

В конце тома помещаются вспомогательные таблицы и алфавитный указатель пунктов.

На практике с помощью Таблиц чаще всего рассчитывают время и высоты полных и малых вод в основных или дополнительных пунктах, а также определяют для этих пунктов высоту уровня воды в какой-либо заданный момент времени, или наоборот, промежуток времени, в течение которого высота прилива будет не меньше заданной величины.

Определение времени и высот полных и малых вод в основных пунктах производят с помощью ч. I. Таблиц. Нужную страницу в Таблицах находят по названию пункта, пользуясь перечнем основных пунктов. На заданную дату выбирают предвычисленное время и высоты утренних или вечерних вод. Моменты полных и малых вод даются по поясу, указанному в Таблицах.

Пример 28. Определить время и высоты утренних полной и малой вод в порту Гавр 25 ноября 1975 г.

Решение. Из таблиц приливов на 1975 г., т. III «Зарубежные воды», находим:

$$t_{ПВ} = 00^{\text{ч}} 56^{\text{м}}; h_{ПВ} = 7,4 \text{ м}; t_{МВ} = 07^{\text{ч}} 58^{\text{м}}; h_{МВ} = 2,2 \text{ м.}$$

Время 0-го пояса.

Определение времени и высот полных и малых вод в дополнительных пунктах производят с помощью поправок, которые приводятся для дополнительных пунктов в ч. II Таблиц. Вход в часть II, из которой выбираются поправки времени и высот, время пояса, а также основной пункт, к которому отнесен заданный дополнительный, осуществляют с помощью алфавитного указателя.

Для получения времени полных и малых вод в дополнительном пункте поправки времени придают со своим знаком к моменту соответствующей воды в основном порту на эту же дату. Моменты полных и малых вод в дополнительном пункте получают по времени пояса, указанного в ч. II Таблиц, так как в поправках времен учтена разница между поясным временем основного и дополнительного пункта.

Высоты полных и малых вод в дополнительном пункте получают, прибавляя поправки высот к $h_{ПВ}$ и $h_{МВ}$ в основном порту.

Пример 29. Определить время и высоты вечерних полной и малой вод в пункте Виго 22 августа 1975 г.

Решение. По алфавитному указателю Таблиц приливов на 1975 г., том III «Зарубежные воды», находим порядковый номер пункта Виго 1158. По этому номеру в ч. II Таблиц находим основной пункт Лиссабон. Из ч. I выписываем предвычисленные время и высоты вечерних полной и малой вод в пункте Лиссабон 22 августа, а затем из ч. II — поправки времени и высот в пункте Виго. В результате получаем время и высоты вечерних полной и малой вод в пункте Виго:

$$\begin{array}{r} t_{ПВ} = 16^{\text{ч}} 19^{\text{м}} \quad h_{ПВ} = 3,6 \text{ м} \quad t_{МВ} = 22^{\text{ч}} 05^{\text{м}} \quad h_{МВ} = 0,7 \text{ м} \\ \Delta t_{ПВ} = -0 15 \quad \Delta h_{ПВ} = -0,3 \quad \Delta t_{МВ} = +0 10 \quad \Delta h_{МВ} = -0,1 \\ \hline t_{ПВ} = 16^{\text{ч}} 04^{\text{м}} \quad h_{ПВ} = 3,3 \text{ м} \quad t_{МВ} = 22^{\text{ч}} 15^{\text{м}} \quad h_{МВ} = 0,6 \text{ м} \end{array}$$

Время 1-го пояса.

Определение высоты уровня воды в заданный момент производится по времени и высотам полной и малой воды, между которыми находится искомый уровень, и промежутку времени от заданного момента до ближайшей полной или малой воды. При этом используется вспомогательная интерполяционная табл. I для вычисления высот уровня моря на промежуточные между полными и малыми водами моменты времени.

Решение задачи выполняется в следующем порядке:

рассчитывают время и высоты полной и малой воды, между которыми лежит искомый уровень, для заданного основного или до-

полнительного пункта так, как это указано в примерах 28 и 29;

определяют время роста или падения уровня;

рассчитывают промежуток времени от момента, на который определяется уровень, до ближайшей полной или малой воды;

определяют величину прилива;

по вспомогательной табл. I определяют поправку высоты уровня. В верхнюю часть табл. I входят с T_p или T_n , ближайшим к заданному. Находят в горизонтальной строке заданный промежуток времени от ближайшей полной или малой воды. По вертикальному столбцу спускаются в нижнюю часть таблицы, из которой выбирают искомую поправку высоты уровня в горизонтальной строке, в начале и конце которой приведены заданная величина прилива;

поправку высоты уровня прибавляют к высоте малой воды, если малая вода была ближайшей к заданному моменту, или отнимают от высоты полной воды, если ближайшей была полная вода.

К полученной высоте воды прибавляют поправку на атмосферное давление из вспомогательной табл. VII.

Пример 30. Определить глубину в основном порту Портсмут в $09^{\text{ч}} 15^{\text{м}}$ по времени 0-го пояса 15 апреля 1975 г., если на карте указана глубина 8 м, а атмосферное давление составляет 740 мм рт. ст.

Решение.

$$\begin{array}{r} t_{ПВ} = 13^{\text{ч}} 36^{\text{м}} \\ - t_{МВ} = 06 24 \\ \hline T_p = 07^{\text{ч}} 12^{\text{м}} \end{array} \quad \begin{array}{r} h_{ПВ} = 3,7 \text{ м} \\ - h_{МВ} = 0,3 \\ \hline B = 3,4 \text{ м} \end{array} \quad \begin{array}{r} t_{\text{зад}} = 09^{\text{ч}} 15^{\text{м}} \\ - t_{МВ} = 06 24 \\ \hline \Delta t_{МВ} = 02^{\text{ч}} 51^{\text{м}} \end{array}$$

Из вспомогательной табл. I $\Delta h_{МВ} = 1,3 \text{ м}$.

Из вспомогательной табл. VII $\Delta h_B = +0,3 \text{ м}$.

$$\begin{array}{r} h_{МВ} = 0,3 \text{ м} \\ + \Delta h_{МВ} = 1,3 \\ \hline \Delta h_B = +0,3 \\ \hline h_{\text{зад}} = 1,9 \text{ м} \end{array} \quad \begin{array}{r} \Gamma_{\text{лк}} = 8,0 \text{ м} \\ + h_{\text{зад}} = 1,9 \\ \hline \Gamma_{\text{л в } 9^{\text{ч}} 15^{\text{м}}} = 9,9 \text{ м} \end{array}$$

Определение промежутка времени, в течение которого высота прилива будет не меньше заданной, необходимо на практике, если хотят выяснить время, в течение которого возможен проход по мелководному фарватеру.

Решение данной задачи состоит в следующем:

зная осадку судна и задавшись необходимым запасом воды под килем, рассчитывают необходимую для прохода глубину. Вычтя из нее глубину на карте, получают заданную минимальную величину прилива $h_{\text{зад}}$;

выбирают из Таблиц приливов для заданного основного или дополнительного пункта время и высоты полной и малой вод, ориентируясь при этом на удобное для захода в порт время суток;

рассчитывают T_p или T_n , а также величину прилива B ;

определяют поправку высоты уровня $\Delta h_{ПВ} = h_{ПВ} - h_{\text{зад}}$;

в интерполяционной таблице обратным входом по B , $\Delta h_{ПВ}$ и $T_p(T_{П})$ находят промежуток времени ΔT до полной воды, в течение которого $h > h_{зад}$. Вычитая и прибавляя ΔT к $t_{ПВ}$, находят начало и конец искомого периода, в течение которого возможен проход судна.

Пример 31. Глубина на фарватере для входа в порт составляет 7,0 м. Определить вечером в заданную дату промежуток времени, в течение которого возможен безопасный проход для судна с осадкой 8,5 м, запас воды под килем 1 м. Из Таблиц для данного порта получены $t_{ПВ} = 15^ч 46^м$; $h_{ПВ} = 3,5$ м; $t_{МВ} = 20^ч 39^м$; $h_{МВ} = 0,8$ м.

Решение.

$$h_{зад} = Гл - Гл_к = 9,5 - 7,0 = 2,5 \text{ м (ближе к полной воде).}$$

$$\begin{aligned} T_{П} &= 20^ч 39^м - 15^ч 46^м = 04^ч 53^м ; \\ B &= 3,5 - 0,8 = 2,7 \text{ м;} \\ \Delta h_{ПВ} &= 3,5 - 2,5 = 1,0 \text{ м.} \end{aligned}$$

Из интерполяционной таблицы по аргументам B , $\Delta h_{ПВ}$ и $T_{П}$ обратным входом находим

$$\begin{aligned} \Delta T_{ПВ} &= 2^ч 05^м; \\ T \text{ начала} &= 15^ч 46^м - 2^ч 05^м = 13^ч 41^м; \\ T \text{ конца} &= 15^ч 46^м + 2^ч 05^м = 17^ч 51^м. \end{aligned}$$

Изложенный метод решения задачи дает хорошие результаты в случае правильных полусуточных приливов.

§ 88. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИЛИВО-ОТЛИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АТЛАСОВ ТЕЧЕНИЙ И НАВИГАЦИОННЫХ КАРТ

Под воздействием приливообразующих сил Луны и Солнца массы воды получают не только вертикальное, но и горизонтальное смещение. В результате этого возникают периодические приливо-отливные течения, скорость которых тем больше, чем больше величина прилива в данном месте. В устьях рек и в заливах при приливе течение обычно направляется со стороны открытого моря к берегу, а при отливе — с берега в сторону моря. При смене течений происходит его поворот на 180° . При этом скорость течения некоторое время остается равной нулю, происходит стояние воды. В открытом море направление приливо-отливного течения меняется непрерывно, проходя последовательно через все румбы. Стояния воды при этом не наблюдается.

В некоторых районах Мирового океана скорости приливо-отливных течений достигают больших величин. Например, у западных берегов Великобритании скорость течения составляет 6 уз и более.

В одном и том же районе моря в дни сизигий скорость течения гораздо больше, чем в квадратуру.

Так как элементы приливо-отливных течений непрерывно меняются, то при ведении счисления необходимо каждый час заново строить новый треугольник течения. Сведения о скорости и на-

правлении приливо-отливных течений получают из специальных атласов течений или выбирают с навигационных карт.

Атласы приливо-отливных течений издаются на районы, посещаемые советскими судами. Атласы обычно состоят из 12 или 13 листов-карт. На каждом листе с помощью стрелок показана картина течений в определенный час до или после момента наступления полной воды в каком-либо основном порту, к которому отнесен данный атлас. Соответствующая надпись сделана на листе. Направление стрелок, нанесенных в разных точках карты, соответствует направлению течения в данном месте, а проставленные возле них цифры — скорости течения в милях или кабельтовых в час. Если у стрелок помещены две цифры, то большая из них соответствует скорости в сизигию, а меньшая — в квадратуру.

Для определения элементов приливо-отливного течения в заданный момент в точке, в которой располагается судно, поступают так:

из Таблиц приливов выбирают ближайшее к заданному моменту $t_{\text{зад}}$ время полной воды $t_{\text{ПВ}}$ в основном порту, к которому отнесен атлас;

определяют, сколько часов отделяет заданный момент от момента полной воды $t_{\text{зад}} - t_{\text{ПВ}}$. При этом заданный момент может оказаться до или после полной воды;

отыскивают нужный лист атласа, соответствующий найденному значению $t_{\text{зад}} - t_{\text{ПВ}}$;

наносят на карту по координатам место судна и по надписи у ближайшей стрелки определяют направление и скорость течения. Если у стрелки указаны две скорости течения (в сизигию и квадратуру), то из Морского астрономического ежегодника выбирают возраст Луны. В зависимости от последнего берут первую или вторую цифру у стрелки, или же скорость течения получают путем интерполирования между ее сизигийным и квадратурным значениями.

Для отдельных районов сведения о приливо-отливных течениях помещают в виде таблиц непосредственно на полях навигационных карт. Район, охватываемый картой, разбивают на участки с одинаковым характером течения. Эти участки обозначают заглавными буквами, обведенными кружками: А, Б, В, Г, Д и т. д. Для центральной точки каждого участка в заголовке таблицы указывают его координаты, а ниже — направления и скорости (в сизигию и квадратуру) течения на каждый час 13-часового промежутка относительно полной воды в каком-либо основном порту.

Для определения элементов течения по нанесенным на карту данным выполняют следующие действия:

по счислимому месту судна устанавливают букву, которой обозначен нужный участок карты;

из Таблиц приливов выбирают ближайшее к заданному моменту $t_{\text{зад}}$ время полной воды $t_{\text{ПВ}}$ в основном порту, указанном в таблице на полях карты;

определяют промежуток времени от заданного момента до момента полной воды: $t_{\text{зад}} - t_{\text{ПВ}}$;

из таблицы для заданного участка (А, Б, В и т. д.) в нужной строке, соответствующей найденному значению $t_{\text{зад}} - t_{\text{ПВ}}$, выбирают направление и скорость течения. При выборе скорости учитывают возраст Луны, определяемый по МАЕ.

Глава XVII

ПРОРАБОТКА ПЕРЕХОДА

§ 89. ПОДБОР КАРТ И РУКОВОДСТВ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ НА ПЕРЕХОД

Проработка перехода является важной составной частью штурманской подготовки к рейсу. Она начинается после получения рейсового задания и выполняется одним из помощников капитана под его наблюдением. Проработка перехода включает в себя подбор карт и руководств для плавания, их корректуру, изучение района плавания, в том числе навигационной, гидрометеорологической и минной обстановки, и выполнение предварительной прокладки.

Подбор навигационных карт на переход делает третий помощник капитана по разделу «Карты» Каталога карт и книг. Со сборного листа сборных листов выбирают сборный лист, охватывающий весь район плавания, включая порты отхода и прихода. Намечают карандашом маршрут перехода от порта отхода до порта прихода и выписывают номера карт, через рамки которых проходит маршрут. Со сборного листа генеральных карт подбирают генеральную карту перехода. Кроме навигационных карт, из каталога выбирают номера вспомогательных справочных и специальных карт. По выписанным номерам отбирают требуемые карты из судовой коллекции.

Навигационные карты укладываются в верхний ящик штурманского стола лицевой стороной вверх в том порядке, в каком они будут использоваться в рейсе. Первыми сверху кладут генеральную карту и план порта отхода. Радионавигационные и другие специальные и справочные карты обычно укладывают во второй ящик.

Подбор необходимых на переход руководств для плавания производится по сборным листам этих изданий, помещенным в Каталоге карт и книг в разделе «Книги». Отобранные лоции и дополнения к ним, книги «Огни и знаки», РТСНО, наставления для плавания, а также различные таблицы и другие издания, которые могут потребоваться в рейсе, укладывают отдельно на полке у штурманского стола. Если каких-либо карт или пособий, нужных в данном рейсе, в судовой коллекции не имеется, их нужно получить в БЭРНК морского пароходства.

Все подобранные на переход карты и пособия необходимо откорректировать на день выхода в море с учетом последних выпусков ИМ.

§ 90. ИЗУЧЕНИЕ РАЙОНА ПЛАВАНИЯ. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОКЛАДКА

Изучение района плавания необходимо для выбора безопасного и экономически выгодного пути судна. При этом нужно получить ясное представление об условиях плавания в районе перехода. Для этого из лоции выбирают сведения о таких его навигационно-географических особенностях, как рельеф морского дна, характер изменения глубин, навигационные опасности и их ограждение, узкости, порты-убежища и т. д. По лоции, атласам и специальным картам изучают гидрометеорологический режим во время перехода: преобладающие ветры, вероятность туманов, возможность встречи со льдами, характер течений. При этом учитывается долгосрочный прогноз погоды по району плавания.

Пользуясь картами и справочными пособиями, изучают условия и особенности входа в порты захода, действующие в них местные правила и обязательные постановления, порядок вызова лоцманов, систему ограждения опасностей в прибрежных водах. Изучают также объявления об опасных от мин районах и фарватерах для плавания в них, о режимных районах; рекомендованных путях и системах разделения движения судов, публикуемые в выпуске № 1 ИМ. Устанавливают порядок и режим работы радиостанций, передающих гидрометеорологические сообщения, НАВИМы и НАВИПы.

После тщательного ознакомления с районом плавания выполняют предварительную прокладку на генеральных, путевых и частных картах. На генеральных картах предварительную прокладку выполняют на весь переход, а на путевых — из расчета обеспечения плавания не менее чем в течение двух суток. Предварительную прокладку для плавания в узкостях, при подходах к портам и якорным стоянкам делают на частных картах.

При прокладке курсов необходимо учитывать рекомендации лоций и установленные пути и системы разделения движения судов, наличие минной обстановки, вероятность ветров, туманов, возможность получения навигационных обсерваций. Не следует без особой надобности прокладывать курсы в пределах 20-метровой изобаты и в расстоянии менее 2 миль от берега. При плавании вблизи берегов точки поворота на новые курсы следует выбирать по пеленгу и расстоянию до намеченных ориентиров на траверзе или вблизи его. В процессе предварительной прокладки рекомендуется произвести подъем путевых карт.

Для районов с приливо-отливными явлениями рекомендуется рассчитать время наступления полной и малой вод, смены направлений течений, а также поправки глубин для портов и якорных

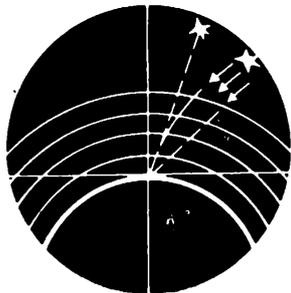
стоянок. Сведения о радиомаяках (номер по описанию, позывной сигнал, рабочая частота, дальность действия и время работы) полезно выписать в отдельную таблицу.

При выполнении предварительной прокладки на всех проложенных на картах курсах должны быть надписаны их значения. Магнитное склонение по пути движения судна приводят к году плавания и надписывают карандашом его величину у меридианов карты под верхней рамкой. Снимают с карты число миль плавания каждым курсом и по путевой скорости определяют время следования по ним.

С проработкой перехода должен быть ознакомлен весь штурманский состав. Во время перехода нужно стремиться как можно точнее следовать выбранными при предварительной прокладке курсами. Однако из-за различных факторов (неучтенный снос судна при течении и ветре, несовершенство мореходных инструментов и т. п.) действительное перемещение судна может не соответствовать этим курсам. Поэтому, во время рейса ведется исполнительная прокладка с учетом конкретной обстановки на том или ином участке перехода.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ



Глава XVIII

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ СФЕРИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

§ 91. НЕБЕСНАЯ СФЕРА. ОСНОВНЫЕ КРУГИ И ТОЧКИ НА СФЕРЕ

Наблюдаемые на небесном своде многочисленные светила удалены от нас на различные расстояния. Однако для решения астрономических задач, связанных с определением места судна, необходимо знать только направления на светила, задаваемые при помощи той или иной системы координат. Поэтому удобнее считать все светила находящимися на одинаковом расстоянии от наблюдателя, т. е. расположенными на окружающей его сферической поверхности.

Такую вспомогательную сферу произвольного радиуса, на которой как бы размещены все светила, называют *небесной сферой* (рис. 104). За центр сферы обычно принимается точка O , соответствующая глазу наблюдателя. Если провести через точку O основные линии и плоскости наблюдателя (см. рис. 4), то при пересечении их с поверхностью небесной сферы получим ряд точек и кругов, служащих для отсчета небесных координат светил.

Для более наглядного представления о небесной сфере поместим ее центр отдельно от изображения Земли (рис. 105) и рассмотрим основные круги и точки на сфере.

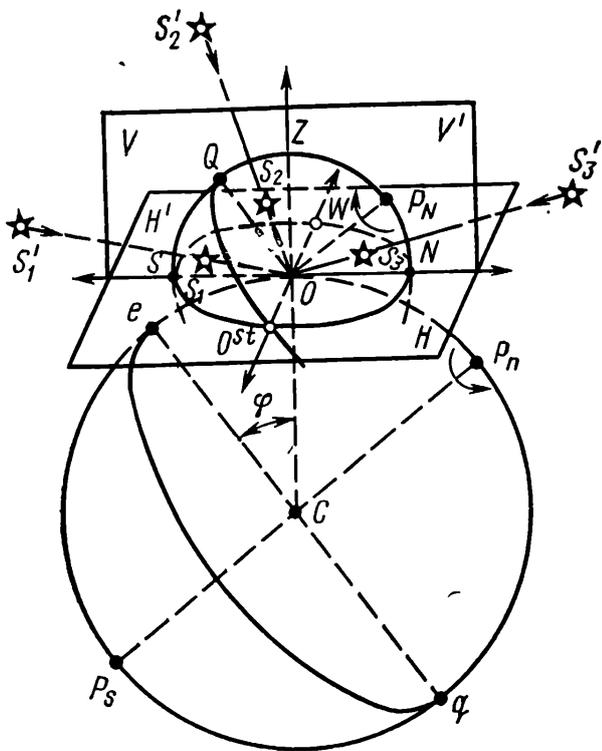


Рис. 104. Небесная сфера

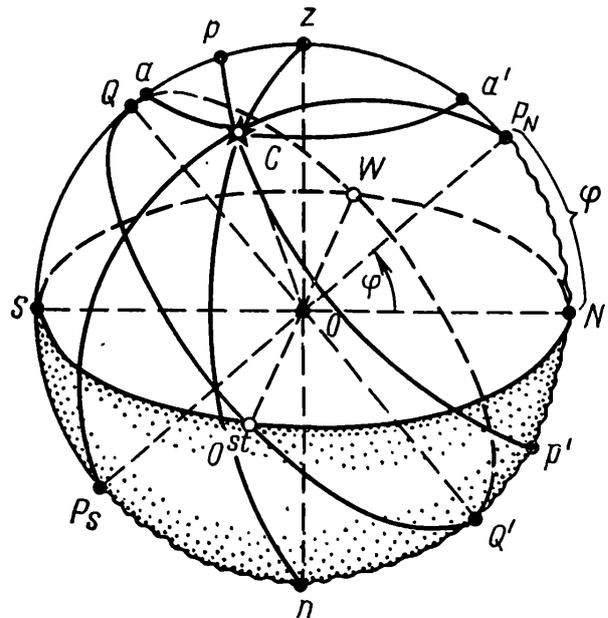


Рис. 105. Основные круги и точки на небесной сфере

Отвесная линия наблюдателя, продолженная вверх и вниз, пересекает небесную сферу в точках *зенита* Z и *надир* n . Большой круг $NO^{st} SW$, плоскость которого перпендикулярна отвесной линии Zn , называется *истинным горизонтом*. Он делит сферу на две части — надгоризонтную и подгоризонтную. Линия $P_N P_S$, параллельная оси Земли, называется *осью мира*. Точки пересечения оси мира с небесной сферой называются *полюсами мира*: северным P_N и южным P_S . Полюс, расположенный в надгоризонтной части сферы, называется *повышенным*, а в подгоризонтной — *пониженным*. Наименование повышенного полюса всегда одновременно с наименованием широты наблюдателя.

Большой круг $QO^{st} Q'W$, плоскость которого перпендикулярна оси мира $P_N P_S$, называется *небесным экватором*. Он делит сферу на северную и южную половины. Большой круг $P_N n P_S Z$, проходящий через полюсы мира, зенит и надир, называется *меридианом наблюдателя*. Ось мира делит его на *полуденную* $P_N Z P_S$ и *полуночную* $P_N n P_S$ части. На полуденной части находится точка зенита, а на полуночной — надир.

Меридиан наблюдателя пересекается с истинным горизонтом в точках N и S . Соединяющая эти точки прямая линия NS называется *полуденной линией*. В пересечении истинного горизонта с небесным экватором образуются точки O^{st} и W горизонта. Большие круги $P_N C P_S$, плоскости которых проходят через полюсы мира, называются *небесными меридианами*, или *кругами склонений*.

Большие круги $Z C n$, плоскости которых проходят через точки зенита и надир, называются *вертикалами*. Вертикал, проходящий через точки O^{st} и W , называется *первым вертикалом*. Меридиан наблюдателя, проходящий как через полюсы мира, так и че-

рез точки зенита и надира, является одновременно небесным меридианом и вертикалом. Он делит сферу на восточную и западную половины.

Малые круги pp' , плоскости которых параллельны плоскости экватора, называются *небесными параллелями*. Малые круги aa' , плоскости которых параллельны плоскости истинного горизонта, называются *альмукантаратами*.

Из рис. 104 следует, что $\angle QOZ = \angle eCO = \varphi$ (как углы с соответственно параллельными сторонами). Так как стороны углов NOP_N и QOZ (см. рис. 105) взаимно перпендикулярны, то эти углы также равны и, следовательно, *ось мира с плоскостью истинного горизонта составляет угол, равный географической широте места наблюдателя φ* .

§ 92. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ СВЕТИЛ

Положение светила на небесной сфере определяется двумя какими-либо сферическими координатами. Существует несколько систем небесных координат; в мореходной астрономии наиболее часто применяются горизонтная и экваториальная (первая и вторая) системы. Каждая система связана с какими-либо основными кругами, от которых отсчитываются координаты.

Горизонтная система координат. Основными кругами для этой системы являются истинный горизонт и меридиан наблюдателя, а координатами — азимут и высота (рис. 106).

Азимутом светила A называется сферический угол при зените, заключенный между меридианом наблюдателя и вертикалом светила. Азимут измеряется дугой истинного горизонта от точки N или S меридиана наблюдателя до вертикала, проходящего через светило.

В мореходной астрономии применяют три системы счета азимута. При *полукруговом* (астрономическом) счете азимут измеряется от полуночной части меридиана наблюдателя в сторону O^{st} или W от 0 до 180° . Точка отсчета полукругового азимута всегда одноименна с наименованием широты наблюдателя, а направление отсчета O^{st} или W зависит от того, в какой половине сферы — восточной или западной — находится светило. Полукруговой азимут записывают так, чтобы указать точку и направление отсчета.

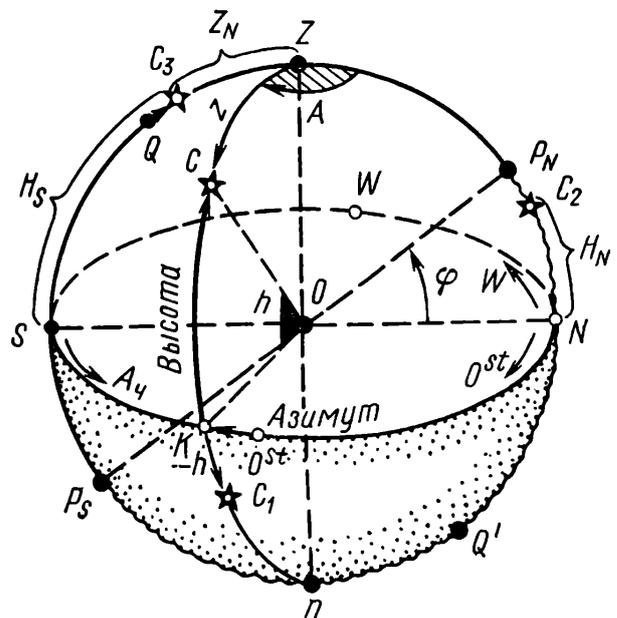


Рис. 106. Горизонтные координаты светил

Например, на рис. 106 у светила $C A = N 120^\circ O^{st}$, или $A = 120^\circ NO^{st}$. При *четвертном* счете азимут измеряют от точек N или S в сторону O^{st} или W от 0 до 90° . Четвертной азимут записывают $A = 60^\circ SO^{sv}$.

Круговой азимут измеряется всегда от точки N в сторону O^{st} от 0 до 360° . При записи азимута в круговом счете его наименование не указывается: $A = 120^\circ$.

Азимут определяет положение на сфере вертикала светила. Высотой светила h называется угол при центре сферы между плоскостью истинного горизонта и направлением на светило. Высота измеряется дугой вертикала от истинного горизонта до центра светил в пределах от 0 до 90° . Высота считается положительной (+), если светило находится над горизонтом, и отрицательной (—), если светило под горизонтом. В последнем случае высоту называют *снижением*.

Например, на рис. 106 у светила $C h = 55^\circ$, а у светила $C_1 h = -30^\circ$.

Если светило находится на меридиане наблюдателя, то его высоту называют *меридиональной*. Меридиональной высоте приписывают наименование N или S , по той точке горизонта, над которой светило располагается. Например, на рис. 106 у светила $C_2 H = 25^\circ N$.

Вместо высоты иногда применяют ее дополнение до 90° , называемое *зенитным расстоянием* z . Оно измеряется дугой вертикала от зенита до центра светила в пределах от 0 до 180° . Если светило находится на меридиане наблюдателя, то его зенитное расстояние называется *меридиональным* Z . Меридиональному зенитному расстоянию приписывают наименование, противоположное наименованию H .

Между h и Z существует алгебраическая зависимость:

$$\text{или} \quad \left. \begin{aligned} z &= 90^\circ - h; & Z &= 90^\circ - H, \\ h &= 90^\circ - z; & H &= 90^\circ - Z. \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

Например, на рис. 106 у светила $C z = 90 - 55 = 35^\circ$, у светила $C_1 z = 90 - (-30) = 120^\circ$ и у светила $C_2 Z = 90 - 25 = 65^\circ S$.

Высота и зенитное расстояние определяют положение на сфере альмукантарата светила.

Как азимут, так и высота светила непрерывно изменяются вследствие суточного вращения небесной сферы. Эти координаты могут быть измерены с помощью компаса (приблизительно) и секстана.

Первая экваториальная система координат. Основными кругами для первой экваториальной системы являются небесный экватор и меридиан наблюдателя, а координатами — часовой угол и склонение (рис. 107).

Часовым углом светила t называется сферический угол при повышенном полюсе между полуденной частью меридиана наблюдателя и меридианом светила. Часовой угол измеряется

дугой небесного экватора от полуденной части меридиана наблюдателя до меридиана, проходящего через светило. Применяют две системы счета часовых углов.

Обыкновенный, или вестовый, часовой угол — измеряется от полуденной части меридиана наблюдателя всегда в сторону точки W от 0 до 360° . Такое направление счета соответствует направлению суточного движения светил.

Практический часовой угол измеряется от полуденной части меридиана наблюдателя в сторону точек Q^{st} или W в пределах от 0 до 180° . Практическому часовому углу приписывается наименование O^{st} или W в зависимости от того, в какой половине сферы — восточной или западной — находится светило. При решении задач рекомендуется приписывать наименование также и вестовому часовому углу.

Вестовый часовой угол, если он превышает 180° , может быть переведен в практический остовый:

$$t_{O^{st}} = 360^\circ - t_w. \quad (48)$$

Например, на рис. 107 у светил C и C_1 $t = 255^\circ_w = 105^\circ_{O^{st}}$. Часовой угол определяет положение на сфере меридиана светила.

Склонением светила δ называется угол при центре сферы между плоскостью небесного экватора и направлением на светило. Оно измеряется дугой меридиана светила от экватора до центра светила в пределах от 0 до 90° . Склонению приписывают наименование N , если светило находится в северной половине сферы, и наименование S — если в южной. Например, на рис. 107 у светила C $\delta = 5^\circ N$, а у светила C_1 $\delta = 27^\circ S$. Если склонение одноименно с широтой наблюдателя, то оно считается положительным (+), если разноименно, то отрицательным (-).

Вместо склонения иногда применяют его дополнение до 90° , называемое полярным расстоянием Δ . Оно измеряется дугой меридиана светила от повышенного полюса до центра светила в пределах от 0 до 180° и наименования не имеет.

Между δ и Δ существует алгебраическая зависимость:

или

$$\left. \begin{aligned} \Delta &= 90^\circ - \delta \\ \delta &= 90^\circ - \Delta \end{aligned} \right\}$$

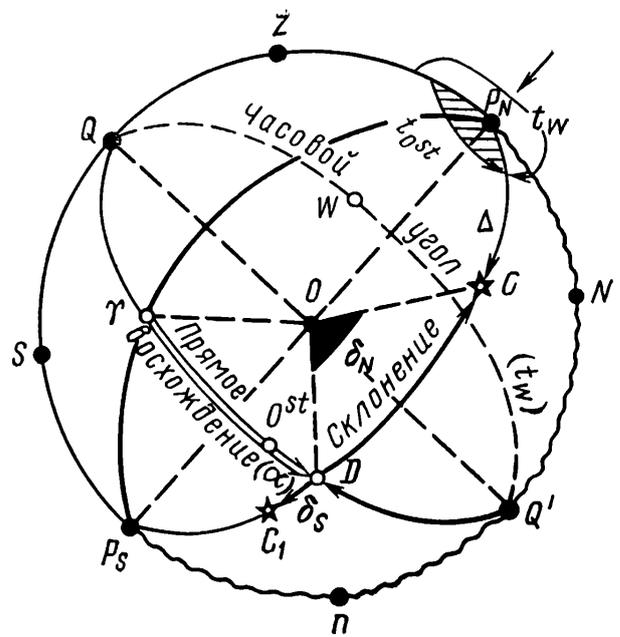


Рис. 107. Экваториальные координаты светил

Например, на рис. 107 у светила C $\Delta = 90 - 55 = 35^\circ$, а у светила C_1 $\Delta = 90 - (-27) = 117^\circ$ (наименование склонения светила C_1 разноименно с широтой).

Склонение и полярное расстояние определяют положение на небесной сфере параллели светила.

При суточном движении склонения звезд остаются неизменными, а часовые углы изменяются пропорционально времени. Склонения Солнца, Луны и планет медленно изменяются вследствие их собственного движения.

Вторая экваториальная система координат. Для этой системы основными кругами являются небесный экватор и меридиан точки весеннего равноденствия, а координатами — прямое восхождение и склонение (см. рис. 107).

Положение на сфере точки весеннего равноденствия, или точки Овна Υ , связано с собственным годовым движением Солнца. В этой точке, расположенной на небесном экваторе, Солнце находится ежегодно 21 марта (см. § 96).

Прямым восхождением α называется сферический угол при полюсе мира между меридианом точки Овна и меридианом светила. Прямое восхождение измеряется дугой небесного экватора от точки Овна до меридиана светила в сторону, обратную счету восточных часовых углов в пределах от 0 до 360° . Например, на рис. 107 для светила C $\alpha = 55^\circ$.

Вторая координата — склонение δ — рассмотрена при описании первой экваториальной системы координат.

Особенностью координат второй экваториальной системы α и δ является то, что они не зависят от суточного движения светил. Это объясняется тем, что точка Овна участвует в этом движении вместе с другими светилами.

§ 93. ПАРАЛЛАКТИЧЕСКИЙ ТРЕУГОЛЬНИК СВЕТИЛА

Меридиан наблюдателя, меридиан и вертикал светила являются дугами больших кругов. Пересекаясь, они образуют на поверхности небесной сферы сферический треугольник, называемый параллактическим или полярным треугольником светила (рис. 108). Вершинами параллактического треугольника являются повышенный полюс P_N или P_S , зенит Z и место светила C .

Элементы треугольника, т. е. его стороны и углы, представляют собой сферические (горизонтные или экваториальные) координаты светила и географические координаты наблюдателя. Угол при повышенном полюсе $ZP_N C$ равен практическому часовому углу светила $t_{пр}$, угол при зените CZP_N — азимуту светила A . Сторонами треугольника являются: дуга меридиана наблюдателя $\cup P_N Z = 90^\circ - \varphi$, дуга меридиана светила $\cup P_N C = 90^\circ - \delta$ и дуга вертикала светила $\cup ZC = 90^\circ - h$.

Угол q при светиле носит название параллактического угла.

Географическая долгота наблюдателя λ входит в скрытом виде в часовой угол светила t , который в параллактическом треугольнике всегда является *местным часовым углом*, связанным с долготой соотношением $t_M = t_{гр} \pm \lambda$ O_W^{st} (см. § 101).

Стороны и углы параллактического треугольника всегда меньше 180° , поэтому входящий в треугольник часовой угол принимается практическим, O^{st} или W , а азимут — в полукруговом счете, т. е. также меньшим 180° .

Значение параллактического треугольника заключается в том, что в результате его решения могут быть вычислены неизвестные, интересующие нас элементы, по заданным.

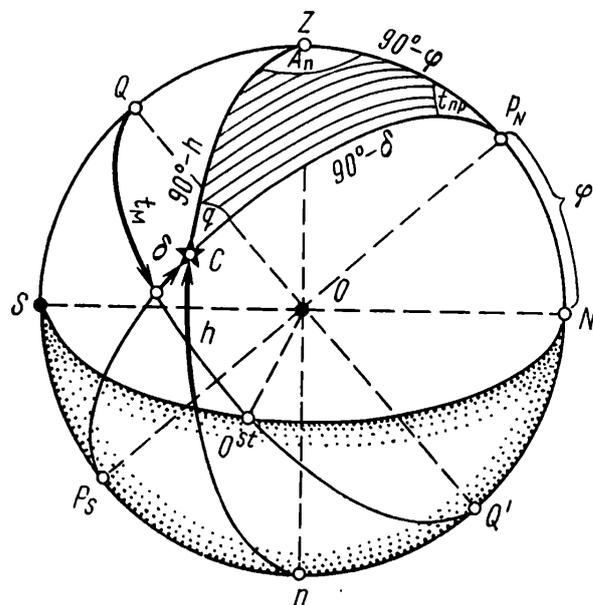


Рис. 108. Параллактический треугольник светила

§ 94. ИЗОБРАЖЕНИЕ НЕБЕСНОЙ СФЕРЫ НА ПЛОСКОСТИ МЕРИДИАНА НАБЛЮДАТЕЛЯ И ЭКВАТОРА. ГРАФИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА СФЕРЕ

Взаимное расположение основных кругов и точек на сфере, а также наблюдаемые особенности в движении светил зависят от географической широты наблюдателя. Для того чтобы получить наглядное представление об этих явлениях, принято строить изображение небесной сферы, соответствующее широте наблюдателя. Попутно практикуют приближенное решение задач на преобразование координат светил, т. е. переход от одной системы координат к другой. Построение небесной сферы выполняют от руки, откладывая и снимая координаты «на глаз» с точностью до 5° . Наиболее наглядным и удобным для преобразования координат является перспективное изображение сферы на плоскости меридиана наблюдателя.

Построение сферы начинают с проведения окружности радиусом 5—6 см, которую принимают за меридиан наблюдателя. Проведя вертикальный диаметр, изображающий отвесную линию, получают точки Z и n . Перпендикулярно отвесной линии проводят полуденную линию NS и большой круг, изображающий истинный горизонт. Перед тем, как нанести точки N и S , следует по условию задачи определить, какой стороной, восточной или западной, должна быть повернута к нам сфера. Если из наименования практического часового угла или азимута светила следует, что светило находится в восточной половине сферы, то к нам должна быть обращена именно эта половина. В таком случае точку N ставят спра-

ва, а S — слева. Если же светило расположено на западной половине сферы, то точку N помещают слева, а S — справа.

От точки N , если широта наблюдателя северная, или S , если широта южная, откладывают в сторону зенита дугу, равную широте φ . Отмечают повышенный полюс P_N или P_S , наименование которого одноименно с широтой наблюдателя. Через повышенный полюс и центр сферы проводят ось мира $P_N P_S$ и отмечают пониженный полюс. Перпендикулярно оси мира проводят небесный экватор $Q Q'$, в точках пересечения которого с истинным горизонтом получают точки O^{st} и W .

Построив сферу, наносят светила по заданным координатам и снимают искомые. Линии и дуги, расположенные внутри сферы, или за плоскостью чертежа, изображают пунктиром.

Пример 32. Дано: $\varphi = 50^\circ N$; $A = N 120^\circ W$; $h = 40^\circ$. Построить сферу и определить t и δ светила.

Решение

Строим небесную сферу (рис. 109). Точку N ставим слева, поскольку вторая буква наименования полукругового азимута W и, следовательно, светило расположено в западной половине сферы. Повышенный полюс P_N располагаем под углом 50° над точкой N . Отложив по дуге горизонта заданный A , проводим вертикал светила, откладываем по нему высоту h и наносим светило. Через место светила проводим меридиан и параллель. По экватору от точки Q до меридиана светила измеряем часовой угол $t = 40^\circ W$, а по меридиану от экватора до места светила — склонение $\delta = 10^\circ N$.

При рассмотрении вопросов измерения времени применяют изображение сферы на плоскости экватора. Его можно получить, если смотреть на сферу со стороны повышенного полюса. Тогда полюс оказывается в центре чертежа, меридиан наблюдателя и меридианы светил изображаются в виде прямых линий, а параллели — в виде концентрических окружностей.

Точку Z наносят на полуденную часть меридиана наблюдателя, отложив от повышенного полюса дугу, равную $90^\circ - \varphi$. Точки горизонта N и S наносят на меридиан наблюдателя, откладывая

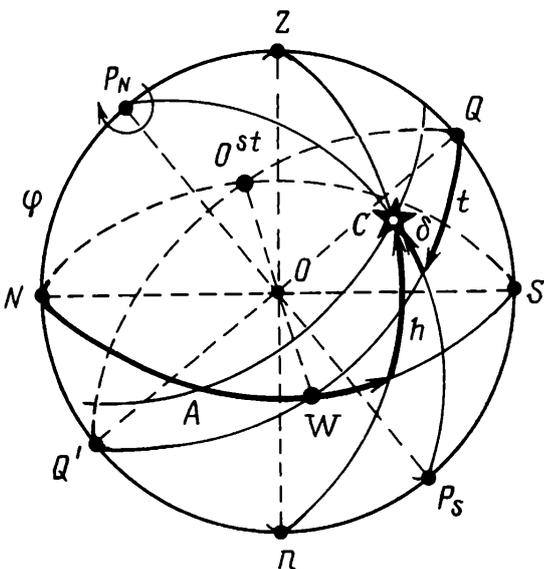


Рис. 109. Построение сферы на плоскости меридиана наблюдателя

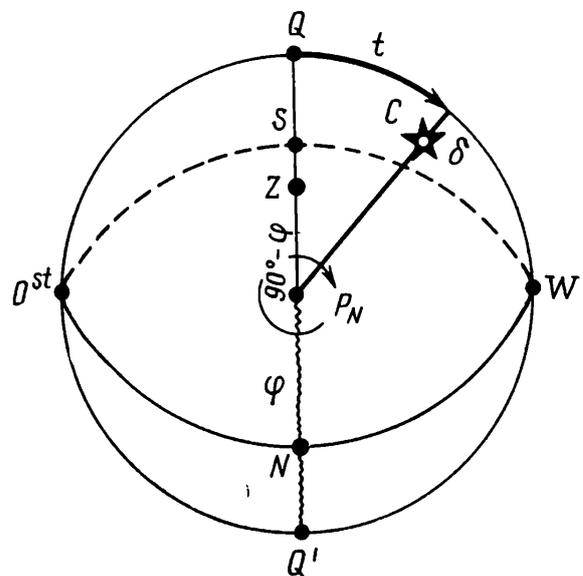


Рис. 110. Построение сферы на плоскости экватора

от повышенного полюса дуги, равные φ . Через точки N , O^{st} , S и W может быть проведен истинный горизонт. Вертикалы и альмукантараты изображаются кривыми линиями, их обычно на чертеж не наносят.

На рис. 110 показана сфера, построенная на плоскости экватора по условиям примера 32. Светило нанесено по его экваториальным координатам $t=40^\circ W$ и $\delta=10^\circ N$.

§ 95. ВИДИМОЕ СУТОЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ СВЕТИЛ И СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ЕГО ЯВЛЕНИЯ

Наблюдая в течение нескольких часов за звездным небом, заметим, что созвездия, расположенные в восточной стороне небесного свода, поднимутся выше, а находящиеся на западе — зайдут. Наблюдателю представляется, что весь небесный свод вместе со светилами, вращается вокруг некоторой оси в направлении с востока на запад. Общая картина вращения небесного свода при наблюдении за светилами в северной стороне неба показана на рис. 111, а. Если же наблюдать южную часть неба, то траектории вращения светил схематически изобразятся так, как это показано на рис. 111, б.

Наблюдаемое движение светил в направлении с востока на запад является видимым, т. е. кажущимся. Его причиной на самом деле служит вращение Земли вокруг своей оси с запада на восток. В сферической астрономии принято, однако, рассматривать все явления так, как они представляются наблюдателю. Поэтому для удобства рассуждений будем считать Землю неподвижной, а небесные светила — вращающимися. Вместе с наблюдателем остаются неподвижными и связанными с ним линии и круги небесной сферы: отвесная линия, истинный горизонт с полуденной линией NS , ось мира, меридиан наблюдателя, первый вертикал и небесный экватор.

Видимое суточное движение светил происходит по небесным параллелям в направлении по часовой стрелке, если смотреть на сферу со стороны северного полюса мира P_N .

В зависимости от соотношения широты наблюдателя φ и склонения δ все светила при своем движении по параллелям будут

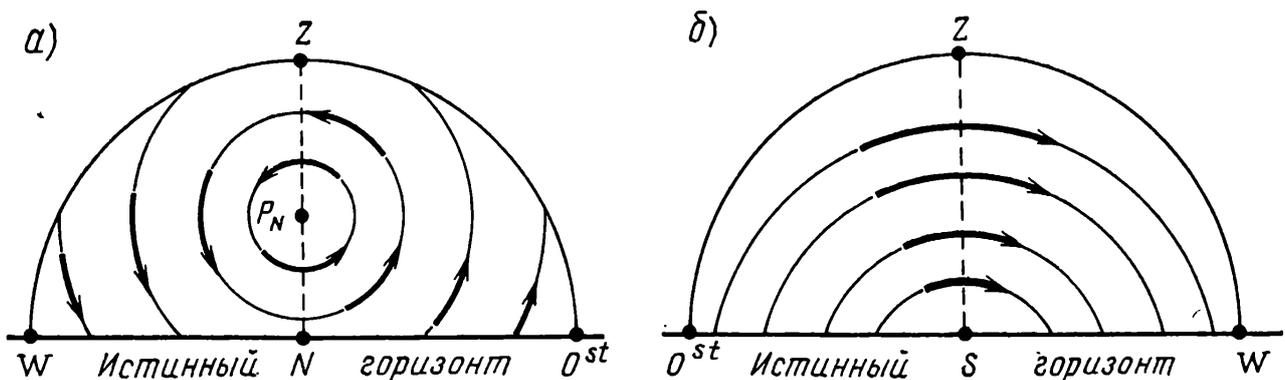


Рис. 111. Видимые суточные пути светил:

а — в северной части неба; б — в южной части неба

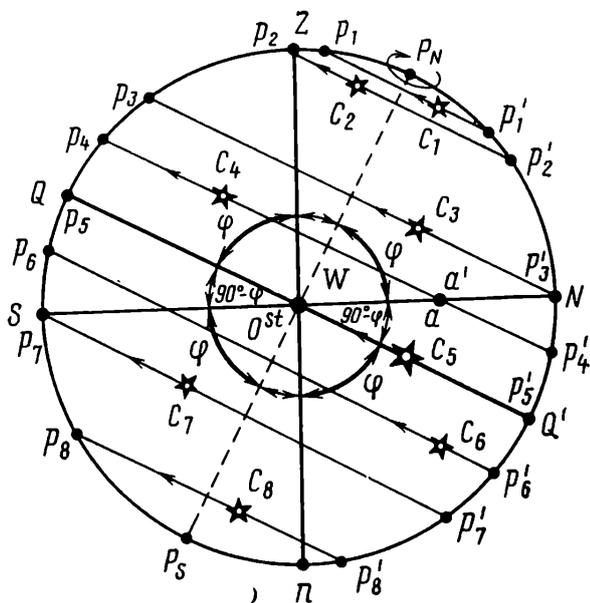


Рис. 112. Явления, сопровождающие видимые суточные движения светил

ция называется *верхней*, а если на полуночной — *нижней*. Например, на рис. 112 точки P_4 и P'_4 на параллели светила C_4 .

Истинным восходом светила называется точка пересечения центром светила O^{st} части истинного горизонта, а истинным заходом — точка пересечения его W части. Например, точки a и a' на параллели светила C_4 .

На рис. 112 видно, что светила C_1 , C_2 и C_3 не заходят. Их склонения одноименны с φ наблюдателя, причем $\delta > 90 - \varphi$. Светила C_7 и C_8 , наоборот, в заданной широте не восходят. Их склонения разноименны с φ , причем $\delta > 90 - \varphi$. Следовательно, условием восхода и захода светил в данной широте является неравенство $\delta < 90 - \varphi$.

проходить те или иные характерные положения. Рассмотрим рис. 112 с изображенной на нем небесной сферой для наблюдателя в произвольно взятой широте $\varphi = 60^\circ N$. Для простоты построений на рисунке представлено не перспективное, а плоское изображение сферы, на котором истинный горизонт, экватор, первый вертикал и параллели светил изображены прямыми линиями.

Кульминацией светила называется точка пересечения центром светила меридиана наблюдателя. Если светило находится на полуденной части меридиана наблюдателя, то его кульминация называется *верхней*, а если на полуночной — *нижней*. Например, на рис. 112 точки P_4 и P'_4 на параллели светила C_4 .

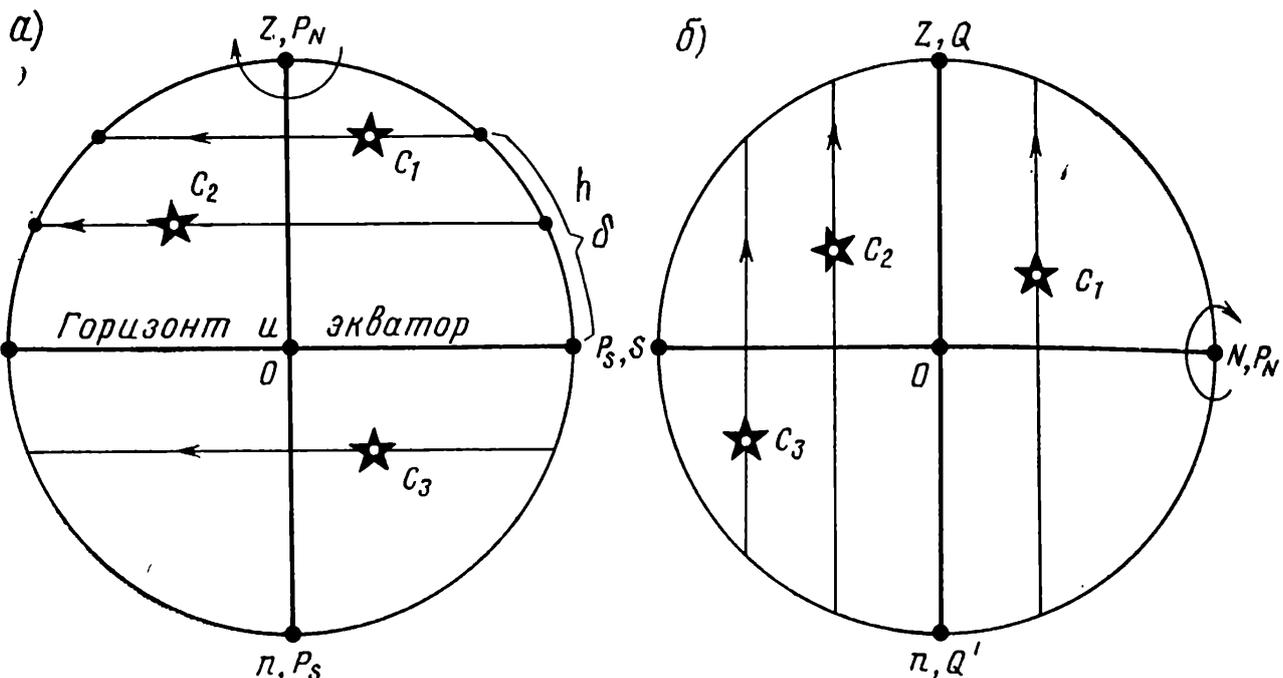


Рис. 113. Особенности суточного движения светил:

а — на полюсе; б — на экваторе

Особенности видимого суточного движения светил для наблюдателей на полюсах или экваторе. Представленная на рис. 112 картина суточного движения светил соответствует средним широтам. Для наблюдателя, находящегося на полюсе ($\varphi=0^\circ$), полюсы мира P_N и P_S совпадают с точками Z и n , ось мира — с отвесной линией, а экватор с истинным горизонтом (рис. 113, а). Наблюдению доступна только одна половина небесной сферы. Наблюдатель не видит светил, склонение которых разноименно с широтой. В суточном движении светила описывают круги, параллельные горизонту, высоты светил не изменяются и равны склонениям. Светила не имеют точек кульминации, восхода и захода.

Для наблюдателей на экваторе ($\varphi=90^\circ$) полюсы мира P_N и P_S совпадают с точками горизонта N и S , ось мира — с полуденной линией, экватор — с 1-м вертикалом (рис. 113, б). Здесь все светила восходят и заходят. Параллели светил перпендикулярны горизонту и делятся пополам, т. е. время нахождения светил над горизонтом и под горизонтом одинаково.

§ 96. ВИДИМОЕ ГОДОВОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА И ЕГО ОБЪЯСНЕНИЕ

Земля, как и другие планеты солнечной системы, движется по орбите вокруг центрального тела системы — Солнца. Период одного оборота Земли вокруг Солнца, равный приблизительно 365,25 средних суток, называется тропическим годом. Для удобства построения календаря в течение трех лет год принимают равным 365 сут, а каждый четвертый, високосный год, — 366 сут.

Земля, как и другие планеты, движется вокруг Солнца по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце (рис. 114). Ближайшая к Солнцу точка земной орбиты P' называется перигелием, а наиболее удаленная A' — афелием. Планеты перемещаются по орбитам неравномерно, имея наибольшую скорость в перигелии и наименьшую — в афелии.

Ось Земли наклонена к плоскости ее орбиты на постоянный угол $66^\circ 33'$, чем объясняется смена времен года. На рис. 114, в центре которого находится Солнце C , показаны четыре положения Земли на ее орбите.

В положении *I* (21 марта) Солнце проектируется на экватор, оба полушария в течение полуоборота Земли освещены одинаково, от полюса до полюса. Во всех широтах день равен ночи. В северном полушарии весна.

В положении *II* (22 июня) Солнце проектируется на параллель ab с $\varphi=23^\circ 27'N$ (Северный тропик), в северном полушарии лето, длинный день и короткая ночь.

В положении *III* (23 сентября) Солнце вновь проектируется на экватор, день и ночь везде равны. В северном полушарии осень.

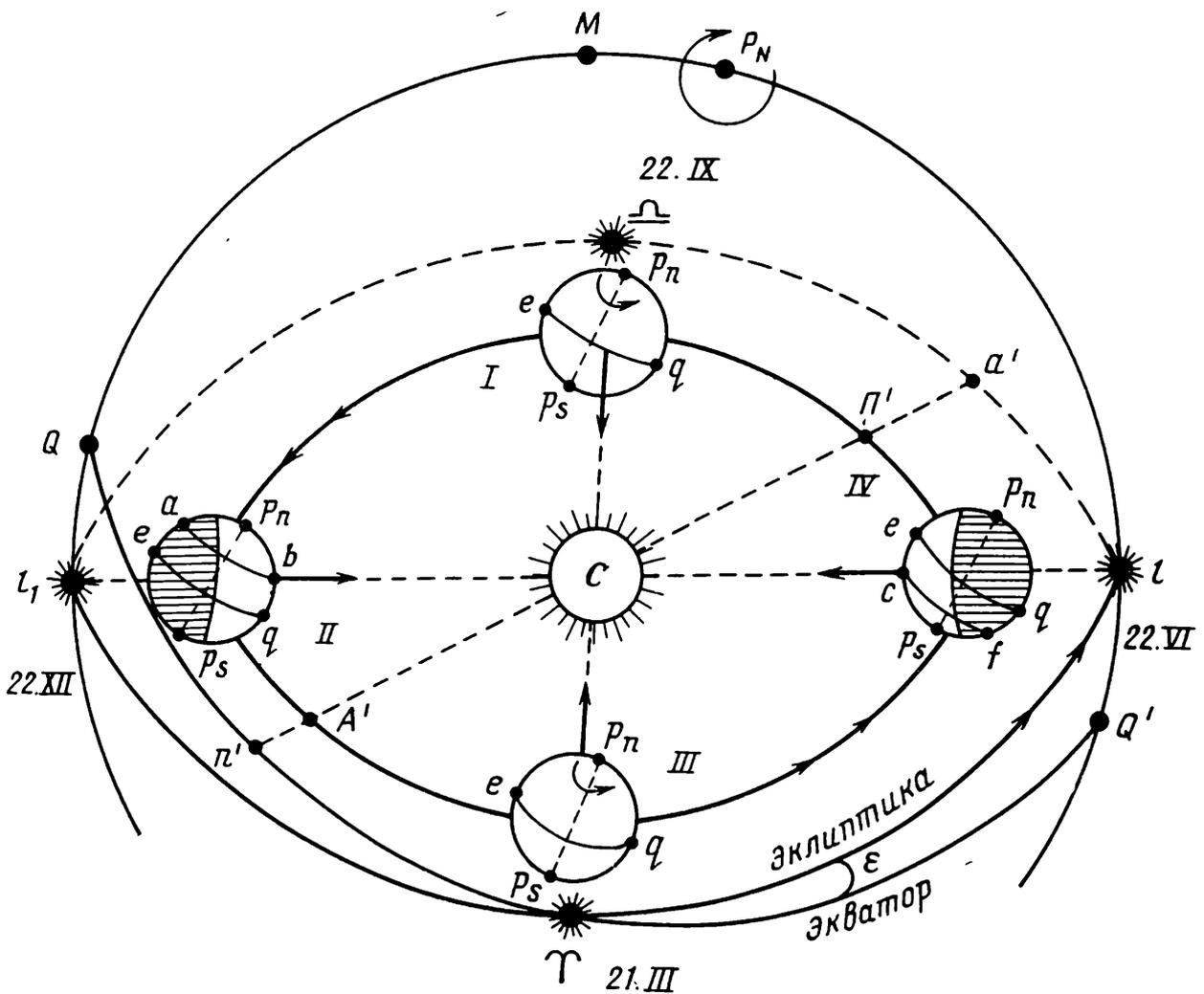


Рис. 114. Объяснение видимого годового движения Солнца по эклиптике

В положении *IV* (22 декабря) Солнце проектируется на параллель $cf=23^{\circ}27'S$ (Южный тропик), в северном полушарии зима, короткий день и длинная ночь.

Если, находясь на Земле, наблюдатель будет в течение года наблюдать за Солнцем, то ему будет казаться, что не Земля вращается вокруг Солнца, а наоборот, это светило перемещается по большому кругу небесной сферы $\Upsilon l \cong l_1 \Upsilon$. Этот круг носит название эклиптики. В среднем за сутки Солнце проходит по эклиптике дугу в 1° .

Из положения *I* наблюдатель видит Солнце на сфере в точке Овна Υ , называемой точкой весеннего равноденствия. Склонение Солнца равно 0° . Из положения *II* Солнце проектируется на сферу в точку летнего солнцестояния l . Склонение Солнца равно $23^{\circ}27'N$. В положении наблюдателя *III* Солнце усматривается в точке Весов \cong , или точке осеннего равноденствия. Склонение Солнца опять равно 0° оно переходит в южное полушарие. Из положения *IV* Солнце проектируется в точку зимнего солнцестояния l_1 , его склонение равно $23^{\circ}27'S$.

Точке перигелия Π' на земной орбите соответствует на эклиптике точка перигея n' , в которой Солнце бывает 2—4 января. Точке афелия A' соответствует точка апогея a' , где Солнце бы-

вает 3—5 июля. Скорость перемещения Солнца в точке перигея наибольшая (61',2 в сутки), а апогея — наименьшая (57',2).

Видимый путь Солнца на небесной сфере проходит через 12 созвездий: Рыбы, Овна, Тельца (весной), Близнецов, Рака, Льва (летом), Девы, Весов, Скорпиона (осенью), Стрельца, Козерога и Водолея (зимой). В течение года Солнце последовательно проектируется на одно из этих созвездий, образующих пояс Зодиака. В поясе Зодиака располагаются также орбиты Луны и большинства планет.

Движение Солнца по эклиптике называется видимым годовым движением. То, что Солнце, кроме суточного, имеет свое собственное годовое движение, является причиной изменения его координат — склонения δ_{\odot} и прямого восхождения α_{\odot} .

§ 97. СОВМЕСТНОЕ ГОДОВОЕ И СУТОЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА. ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ КООРДИНАТ СОЛНЦА

Нанесем на небесную сферу большой круг $\Upsilon l_1 \Upsilon$, изображающий эклиптику (рис. 115). Эклиптика наклонена к экватору на угол ϵ , равный $23^{\circ}27'$. Перемещение Солнца в годовом движении, обозначенное на рис. 115 двойной стрелкой, имеет направление, противоположное суточному вращению сферы.

При перемещении по эклиптике Солнце меняет экваториальные координаты — прямое восхождение α_{\odot} и склонение δ_{\odot} . На рис. 115 изменение этих координат при перемещении светила из положения C_2 в C_3 обозначено $\Delta\delta$ и $\Delta\alpha$. Так как Солнце движется по эклиптике неравномерно, а также из-за наклона эклиптики к экватору суточные изменения α_{\odot} в течение года колеблются от $53',8$ до $66',6$. В среднем $\Delta\alpha_{\odot} = 1^{\circ}$, или 4^m . Суточное изменение δ_{\odot} колеблется в течение года от 0 до $0^{\circ},4$. Наибольшая скорость изменения склонения соответствует дням равноденствия, а наименьшая — солнцестояния. Принимают, что $\Delta\delta_{\odot}$ в среднем составляет $0^{\circ},4$ за месяц до и после равноденствий $0^{\circ},3$ — во второй месяц до и после равноденствий, $0^{\circ},1$ — за месяц до и после солнцестояний. При пересечении Солнцем экватора меняется наименование δ_{\odot} .

На эклиптике выделяют четыре особых положения Солнца:

1. Точка весеннего равноденствия Υ , в которую Солнце приходит 21.III. В этой точке $\delta_{\odot} = 0^{\circ}$, $\alpha_{\odot} = 0^{\circ}$.

2. Точка летнего солнцестояния l , которая соответствует положению Солнца на сфере 22.VI. В этой точке у Солнца наибольшее северное склонение $\delta_{\odot} = 23^{\circ}27'N$, $\alpha_{\odot} = 90^{\circ}$.

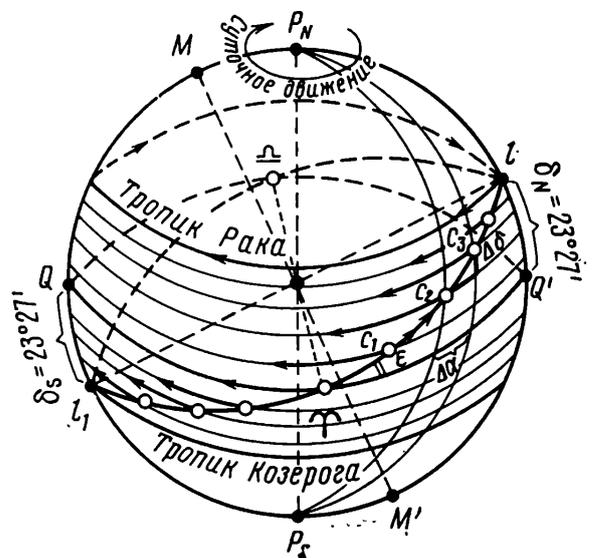


Рис. 115. Совместное суточное и годовое движение Солнца

3. Точка осеннего равноденствия $\underline{\quad}$. Солнце приходит в эту точку 23.IX, имея $\delta_{\odot} = 0^{\circ}$ и $\alpha_{\odot} = 180^{\circ}$.

4. Точка зимнего солнцестояния l_1 соответствует положению Солнца 22.XII. В этой точке у Солнца наибольшее южное склонение $\delta_{\odot} = 23^{\circ}27'S$, $\alpha_{\odot} = 270^{\circ}$.

Кроме собственного годового движения, Солнце, как и все светила, имеет суточное движение, которое является следствием вращения Земли вокруг своей оси. Совместное годовое и суточное движение Солнца происходит по спирали. Действительно, в течение суток 21 марта Солнце в суточном движении описывает параллель, близкую к экватору. Однако за эти же сутки оно переместится приблизительно на 1° по эклиптике из положения Υ в положение C_1 . Это перемещение произойдет в направлении, обратном суточному движению. В результате за сутки 21 марта Солнце опишет на сфере спираль, начало которой находится в точке Υ , а конец — в точке C_1 . В следующие сутки Солнце опишет спираль между точками C_1 и C_2 и т. д. Промежутки между этими спиралями, т. е. суточные изменения δ_{\odot} , уменьшаются по мере удаления от экватора. Крайнюю северную параллель — тропик Рака — Солнце опишет 22.VI, после чего начнет вновь приближаться к экватору. После 23.IX Солнце переходит в южное полушарие. Крайнюю южную параллель, называемую тропиком Козерога, оно опишет 22.XII. Годовой путь Солнца завершится 21.III, когда светило вновь придет на экватор.

Заметим, что из-за наличия у Солнца собственного годового движения, направленного против суточного, промежутков времени между двумя последовательными одноименными кульминациями Солнца на меридиане наблюдателя приблизительно на 4 мин больше, чем у неподвижных звезд. Действительно, за одни сутки Солнце отходит в собственном движении назад на 1° (4^M) и, следовательно, для завершения полного оборота в суточном движении требуется такое же дополнительное время.

Изменение склонения Солнца от $23^{\circ}27'N$ до $23^{\circ}27'S$ приводит к тому, что на протяжении года в данном месте Земли ежедневно изменяются точки восхода и захода Солнца, продолжительность пребывания его над горизонтом и меридиональные высоты. Эти явления зависят от соотношения между широтой наблюдателя φ и склонением Солнца δ . В различных широтах возможные соотношения φ и δ будут разными, что определяет особенности в движении Солнца и, как следствие, климатические особенности на поверхности Земли. По последнему признаку земной шар разделен на тропический, умеренные и полярные пояса.

§ 98. ПОНЯТИЕ О СОБСТВЕННОМ ДВИЖЕНИИ ЛУНЫ. ФАЗЫ И ВОЗРАСТ ЛУНЫ

Луна вращается вокруг Земли по эллиптической орбите, совершая в собственном движении полный оборот за один месяц. Плоскость ее орбиты составляет с плоскостью эклиптики угол, равный

5°08' (рис. 116). В течение суток Луна перемещается по орбите против суточного вращения сферы примерно на 13°,2. Кроме собственного движения, у Луны, как и у всех светил, наблюдается суточное движение, являющееся следствием вращения Земли вокруг своей оси. Совместное собственное и суточное движение Луны происходит по спиральям.

Так как за одни сутки Луна отходит в собственном движении назад, против суточного движения, на 13°,2, то моменты кульминации Луны по отношению к звездам ежесуточно запаздывают на 53 мин. Ежесуточное отставание Луны от Солнца составляет 12°,2, и, следовательно, период одного суточного оборота Луны вокруг Земли на 49 мин больше, чем у Солнца.

Промежуток времени, в течение которого Луна совершает в собственном движении полный оборот по орбите относительно неподвижных звезд, называют звездным месяцем. Его продолжительность составляет $\frac{360^\circ}{13^\circ,2} = 27$ сут 7 ч 32 мин $\approx 27,3$ сут.

Промежуток времени, в течение которого Луна совершает полный оборот относительно Солнца, также имеющего собственное движение, называется лунным месяцем. Его продолжительность равна $\frac{360^\circ}{12^\circ,2} = 29$ сут 12 ч 44 мин $\approx 29,5$ сут.

Фазы и возраст Луны. Луна — темное тело и способно лишь отражать свет солнечных лучей. В зависимости от положения Луны по отношению к Земле и Солнцу наблюдатель будет видеть большую или меньшую часть освещенной поверхности Луны. Поэтому принято говорить, что Луна находится в различных фазах (рис. 117).

Различают четыре основные фазы Луны:

новолуние: Луна в положении L_1 ; Солнце освещает ее обратную сторону, земной наблюдатель Луны не видит;

первая четверть: Луна в положении L_3 ; наблюдатель видит полудиск, обращенный выпуклостью вправо;

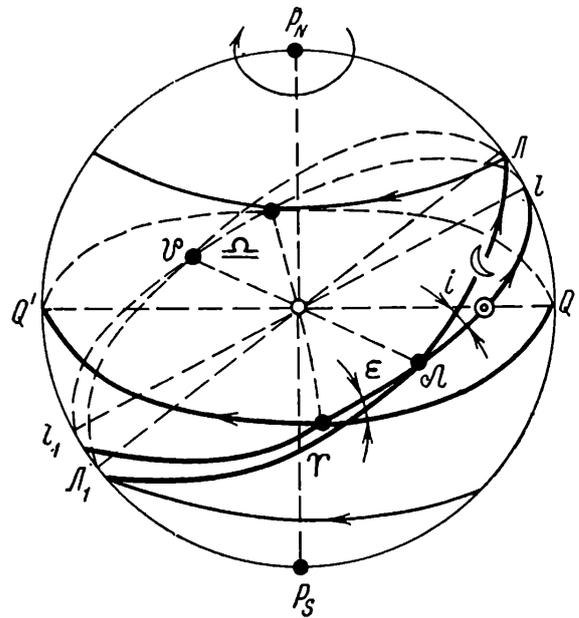


Рис. 116. Орбита Луны

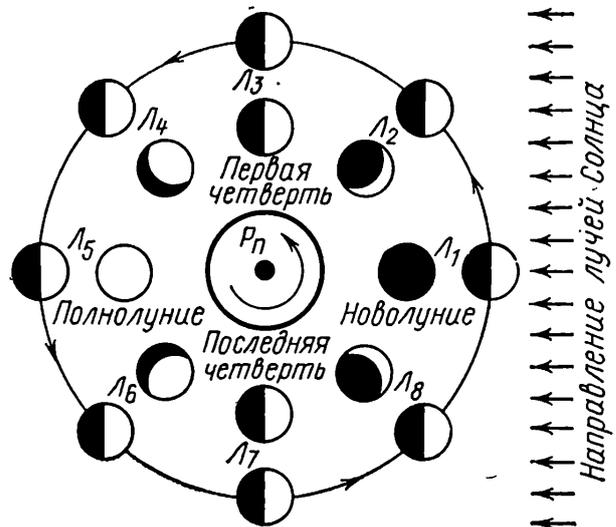


Рис. 117. Фазы Луны

полнолуние: Луна в положении L_5 ; наблюдатель видит весь диск;

последняя четверть: Луна в положении L_7 ; наблюдатель видит полудиск, обращенный выпуклостью влево.

Луна проходит через все фазы за 29,5 сут. Количество дней, прошедших от новолуния до данной фазы, называют возрастом Луны. В ежедневных таблицах (МАЕ) на каждый день года указывается возраст Луны с точностью до $0^d,1$, а фазы изображаются для трехсуточного интервала одним из восьми различных значков, показывающих величину освещенной части лунного диска.

Фазы новолуние и полнолуние в судовождении называют также сизигиями, а фазы первой и последней четверти — квадратурами.

Глава XIX

ВРЕМЯ И ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ

§ 99. ЗВЕЗДНОЕ ВРЕМЯ. ОСНОВНАЯ ФОРМУЛА ВРЕМЕНИ

Для измерения времени необходимо иметь единицу, строго постоянную по величине и удобную для практического применения. Еще в древности за единицу измерения времени был принят период суточного вращения небесной сферы, соответствующий одному обороту Земли вокруг своей оси. Этот период может быть определен по законченному суточному движению любой звезды, например, между моментами ее одноименных кульминаций. Однако измерение времени условились производить по точке весеннего равноденствия Υ ; которая участвует в суточном движении, как и все светила.

Промежуток времени между двумя последовательными верхними или нижними кульминациями точки Овна на одном и том же меридиане называется звездными сутками. Они делятся на 24 звездных часа, звездные часы — на более мелкие единицы: минуты и секунды.

За начало звездных суток на данном меридиане принимается момент верхней кульминации точки Овна. Время, протекшее от момента верхней кульминации точки весеннего равноденствия до данного момента, выраженное в долях звездных суток, называется звездным временем (S). Звездное время календарной даты не имеет.

Повороту сферы на 360° соответствует 24^h , на 180° — 12^h , на 90° — 6^h , на 15° — 1^h , на 1° — 4^m , $15'$ — 1^m , на $1'$ — 4^s . В соответствии с этими соотношениями время может выражаться как в дуговых, так и во временных единицах. Например $S = 65^\circ 45',0 = 4^h 23^m 00^s$.

В МТ—75 и МАЕ помещены специальные таблицы для перевода дуговой меры во временную и обратно.

Этот перевод можно также делать в уме, применяя следующие правила.

1. Для перевода угла из дуговой меры во временную надо:

градусы разделить на 15 — частное даст целые часы;

остаток от деления градусов умножить на 4 и к полученному результату прибавить частное от деления дуговых минут (′) на 15 — сумма даст временные минуты (′^М);

остаток от деления дуговых минут умножить на 4 — результат, который надо округлить до единицы, даст временные секунды (′^С). Например:

$$123^{\circ}54',8 = \underbrace{\left(\frac{123^{\circ}}{15}\right)^{\text{Ч}}}_{8^{\text{Ч}}, \text{ост. } 3^{\circ}} + \underbrace{(3^{\circ} \times 4)^{\text{М}}}_{12^{\text{М}}} + \underbrace{\left(\frac{54',8}{15}\right)^{\text{М}}}_{3^{\text{М}}, \text{ост. } 9',8} + \frac{(9',8 \times 4)^{\text{С}}}{39^{\text{С}}} = 8^{\text{Ч}} 15^{\text{М}} 39^{\text{С}}.$$

2. Для перевода угла из временной меры в дуговую надо:

часы умножить на 15 и прибавить частное от деления временных минут на 4 — результат даст дуговые градусы (°);

остаток от деления временных минут умножить на 15 и прибавить частное от деления временных секунд на 4, взятое с точностью до десятых долей, — результат даст дуговые минуты (′) с десятыми долями. Например:

$$7^{\text{Ч}} 39^{\text{М}} 43^{\text{С}} = \underbrace{(7^{\text{Ч}} \times 15)^{\circ}}_{105^{\circ}} + \underbrace{\left(\frac{39^{\text{М}}}{4}\right)^{\circ}}_{9^{\circ}, \text{ост. } 3^{\text{М}}} + \underbrace{(3^{\text{М}} \times 15)^{\prime}}_{45'} + \underbrace{\left(\frac{43^{\text{С}}}{4}\right)}_{10',8} = 114^{\circ}55',8.$$

Из рис. 118, на котором изображена сфера на плоскости меридиана наблюдателя, следует, что звездное время S , выраженное в дуговой мере, численно равно востовому часовому углу точки Овна:

$$S = t_{\text{W}}^{\gamma}. \quad (50)$$

Основная формула времени. Из рис. 118 следует, что

$$-Q\gamma = -QD + \gamma D, \text{ т. е.}$$

$$S = t_{\text{W}} + \alpha. \quad (51)$$

Следовательно, в один и тот же момент звездное время S равно сумме востового часового угла любого светила t_{W} и его прямого восхождения α .

Это выражение носит название *основной формулы времени*. Формулу (51) можно переписать в виде

$$S = t_{\text{W}} - 360^{\circ} + \alpha.$$

Отсюда

$$t_{\text{W}} = S + 360^{\circ} - \alpha = S + \tau, \quad (52)$$

где $\tau = 360^{\circ} - \alpha$ называется *звездным дополнением*.

Формула (52) используется для расчета часовых углов звезд.

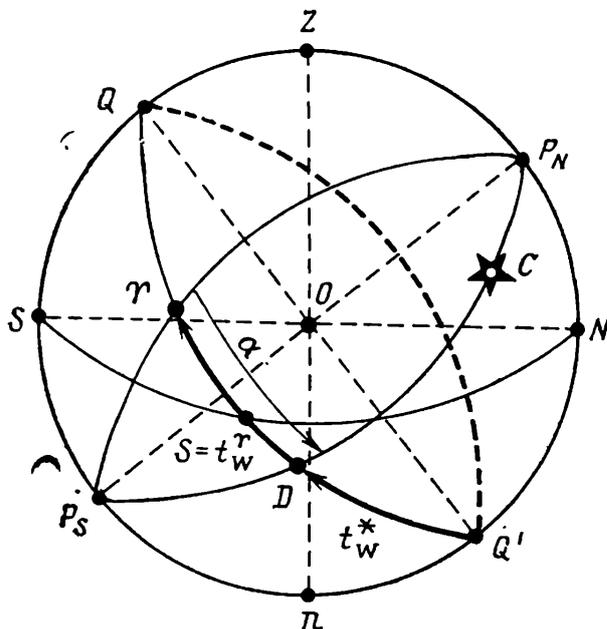


Рис. 118. Звездное время

В повседневной жизни звездное время не используется, так как начало звездных суток на протяжении года приходится на различное время солнечных суток. В связи с этим создана единица времени, которая связана с видимым движением Солнца.

§ 100. ИСТИННОЕ И СРЕДНЕЕ СОЛНЕЧНОЕ ВРЕМЯ. ПОНЯТИЕ ОБ УРАВНЕНИИ ВРЕМЕНИ

Измерение солнечного времени основано на видимом движении Солнца.

Промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями центра диска Солнца на одном и том же меридиане называется истинными солнечными сутками. За начало истинных солнечных суток принят момент нижней кульминации центра диска Солнца, т. е. истинная полночь. Солнечные сутки, как и звездные, делятся на часы, минуты и секунды. Вследствие того что перемещение Солнца по эклипке в годовом движении направлено в сторону, противоположную его суточному движению, промежуток времени между двумя одноименными последовательными кульминациями Солнца в среднем на 4 мин больше, чем у звезд. Следовательно, истинные солнечные сутки длиннее звездных примерно на 4 мин.

Несмотря на простоту измерения времени по Солнцу, для практических целей истинное солнечное время применить нельзя из-за непостоянства солнечных суток. Разная продолжительность солнечных суток на протяжении года объясняется неравномерностью движения Солнца по эклипке, а также наклоном эклипки к экватору. В результате суточное изменение прямого восхождения колеблется от $53',8$ до $66',6$. Следовательно, разность между самыми короткими и самыми длинными истинными солнечными сутками составляет $66,6 - 53,8 = 12',8$, или 51 с.

Чтобы получить постоянную по величине единицу солнечного времени, было введено понятие о среднем Солнце. Среднее Солнце — это условная точка, перемещающаяся в собственном годовом движении не по эклипке, а по экватору, причем строго равномерно. Полный оборот по экватору среднее Солнце совершает за тот же период, что и истинное Солнце по эклипке, т. е. за 1 год. Как и истинное, среднее Солнце имеет суточное движение, которое происходит всегда по экватору.

Промежуток времени между двумя одноименными последовательными кульминациями среднего Солнца на одном и том же меридиане называется средними солнечными сутками. Их величина в течение года строго постоянна и равна средней величине истинных солнечных суток. Средние солнечные сутки длиннее звездных на $3^m56^s,56$. За начало суток принимается момент нижней кульминации среднего Солнца, т. е. средняя полночь. Средние сутки делятся на средние единицы измерения времени: средние часы, минуты и секунды.

Количество средних часов, минут и секунд, прошедших от начала суток до данного момента, называется средним солнечным временем (T). В отличие от звездного среднее солнечное время имеет календарную дату, которая меняется в полночь.

Характер движения среднего Солнца таков, что его меридиан всегда располагается недалеко от меридиана истинного Солнца. Следовательно, моменты кульминаций этих светил мало отличаются по времени, т. е. средние полдень или полночь близки к истинным. По этой причине нам кажется, что мы живем по истинному Солнцу, хотя руководствуемся средним солнечным временем.

Разность между средним и истинным временем называется уравнением времени — η .

§ 101. ВРЕМЕНА НА РАЗЛИЧНЫХ МЕРИДИАНАХ. МЕСТНОЕ ВРЕМЯ. ГРИНВИЧСКОЕ ВРЕМЯ

Начало средних солнечных суток для любого наблюдателя на Земле соответствует моменту нижней кульминации среднего Солнца на меридиане этого наблюдателя. Следовательно, у наблюдателей, находящихся в разных долготах, сутки начинаются не одновременно и время в один и тот же момент разное. Так как Земля вращается с запада на восток, то у наблюдателей, расположенных восточнее, кульминации происходят раньше и, следовательно, времени больше.

Приведенные рассуждения справедливы и по отношению к звездному времени, а также к часовым углам светил.

Среднее время, отсчитываемое от момента нижней кульминации среднего Солнца на меридиане данного наблюдателя, называется местным и обозначается T_m . Местное звездное время обозначается S_m , а местные часовые углы, отсчеты которых ведутся от моментов верхних кульминаций соответствующих светил на меридиане данного места, — t_m .

Разность местных времен и часовых углов у наблюдателей, расположенных в разных долготах, равна разности долгот этих наблюдателей, выраженной во временной или дуговой мере.

Для сравнения местных времен и часовых углов на практике используют местное гринвичское время ($T_{гр}$, $S_{гр}$) и гринвичские часовые углы ($t_{гр}$), отсчет которых ведут от меридиана Гринвича с долготой 0° . Среднее гринвичское время называют также всемирным временем.

Установим соотношения между гринвичским и местным временем и часовыми углами на различных меридианах.

На рис. 119 изображена небесная сфера на плоскости экватора. Отрезок $P_N Q$ — полуденная часть небесного меридиана наблюдателя, находящегося на Гринвиче, отрезок $P_N Q'$ — полуночная часть. Отрезки $P_N Q_1$ и $P_N Q_1'$ являются полуденной и полуночной частями меридиана наблюдателя, расположенного на Земле к востоку от Гринвича (λO^{st}), а отрезки $P_N Q_2$ и $P_N Q_2'$ — к западу от Грин-

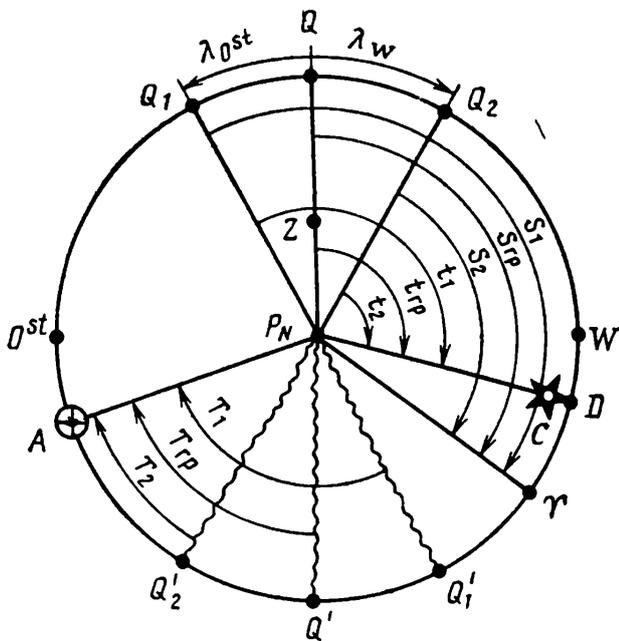


Рис. 119. Соотношение между местным и гринвичским временем

веча (λ_W). Отрезки $P_N A$, $P_N \Upsilon$ и $P_N D$ являются соответственно меридианами среднего Солнца A , точки Овна Υ и какого-либо светила C . Дугами показаны местные и гринвичские средние и звездные времена, а также часовые углы светила C .

Как следует из рис. 119, для наблюдателя, расположенного к востоку от Гринвича, действительны соотношения:

$$T_1 = T_{\text{гр}} + \lambda_{\text{Ost}}; \quad S_1 = S_{\text{гр}} + \lambda_{\text{Ost}};$$

$$t_1 = t_{\text{гр}} + \lambda_{\text{Ost}}.$$

Для наблюдателя в западной долготе:

$$T_2 = T_{\text{гр}} - \lambda_W; \quad S_2 = S_{\text{гр}} - \lambda_W;$$

$$t_2 = t_{\text{гр}} - \lambda_W.$$

Принимая меридианы наблюдателей за местные, запишем найденные соотношения в общем виде:

$$T_M = T_{\text{гр}} \pm \lambda_W^{\text{Ost}}; \quad S_M = S_{\text{гр}} \pm \lambda_W^{\text{Ost}}; \quad t_M = t_{\text{гр}} \pm \lambda_W^{\text{Ost}}. \quad (53)$$

Для перехода от местных величин к гринвичским соотношения имеют вид

$$T_{\text{гр}} = T_M \pm \lambda_W^{\text{Ost}}; \quad S_{\text{гр}} = S_M \pm \lambda_W^{\text{Ost}}; \quad t_{\text{гр}} = t_M \pm \lambda_W^{\text{Ost}}. \quad (54)$$

Для контроля при вычислениях по формулам (53) и (54) применяют правило «к востоку времени больше». Так как звездное время и часовые углы не имеют дат, к ним можно прибавлять или вычитать 360° ($24^{\text{ч}}$).

При переводе с одного меридиана на другой средних времен иногда приходится изменять дату: вперед, если T превысило $24^{\text{ч}}$; назад, если $24^{\text{ч}}$ были заняты.

Пример 33. 15.XI 1976 г. $T_{\text{гр}} = 3^{\text{ч}} 19^{\text{м}} 30^{\text{с}}$; $\lambda = 95^\circ 07',3W$. Определить T_M .
Решение.

$$\begin{array}{r|l} 15.XI & T_{\text{гр}} & 3^{\text{ч}} 19^{\text{м}} 30^{\text{с}} (+ 24^{\text{ч}}) \\ & \lambda_W & 6 \quad 20 \quad 29 \\ \hline 14.XI & T_M & 20^{\text{ч}} 59^{\text{м}} 01^{\text{с}} \end{array}$$

§ 102. ПОЯСНОЕ, ДЕКРЕТНОЕ И СУДОВОЕ ВРЕМЯ. ЛИНИЯ ПЕРЕМЕНИ ДАТЫ

В повседневной жизни и особенно на транспорте пользоваться средним местным временем неудобно. Действительно, при перемещении на восток или на запад надо было бы непрерывно перево-

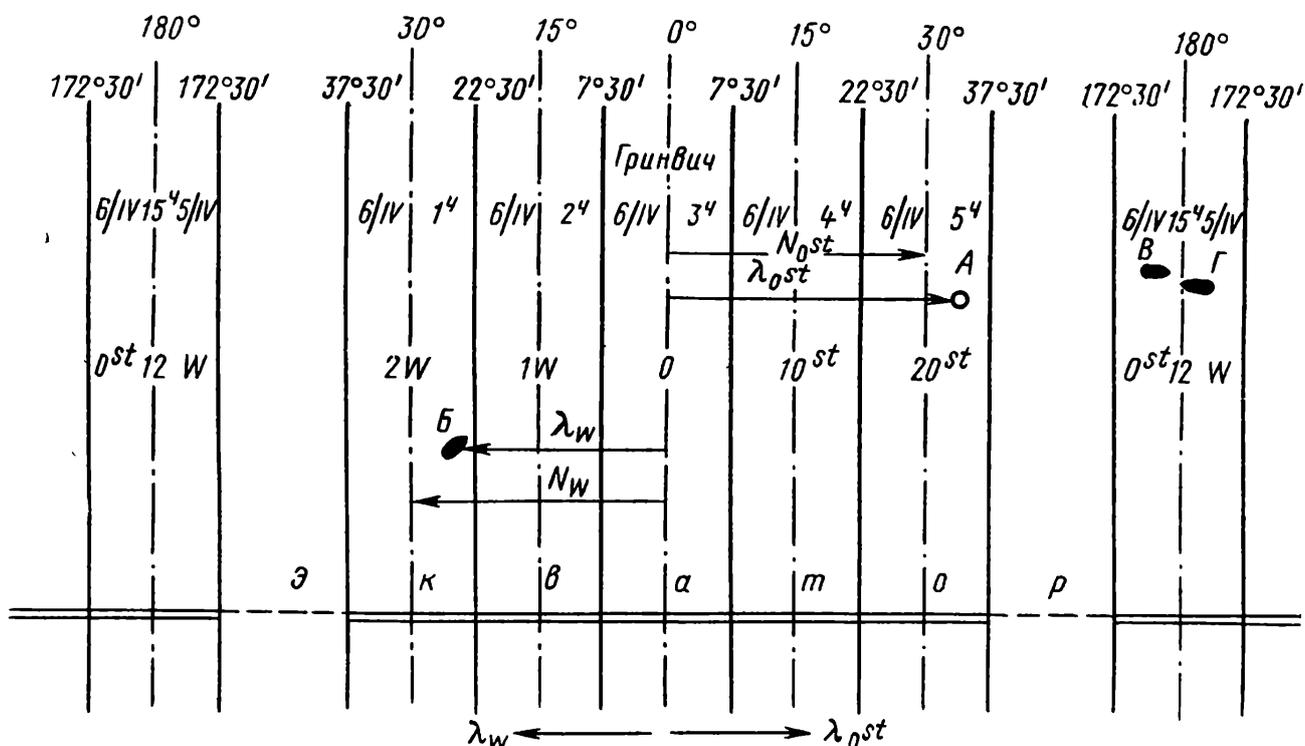


Рис. 120. Поясная система счета времени

дить стрелки часов в первом случае — вперед, а во втором — назад. По этой причине еще в конце XIX в. во многих странах была введена поясная система счета времени.

В этой системе поверхность Земли разделена на 24 часовых пояса (12 восточных и 12 западных) по 15° (1^h) долготы в каждом. Меридианы $0, 15, 30^\circ$ и т. д., кратные 15° , являются центральными для каждого пояса (рис. 120). Долготы центральных меридианов, выраженные в часах, соответствуют номеру пояса. Нулевой пояс, центральным меридианом которого является Гринвич, считается начальным. Границами его служат меридианы с долготами $7^\circ 30' O^{st}$ и $7^\circ 30' W$. Двенадцатый пояс одновременно является восточным и западным. Долгота его центрального меридиана 180° , а границами служат меридианы с долготами $172^\circ 30' O^{st}$ и $172^\circ 30' W$.

Местное среднее время центрального меридиана пояса принимается одинаковым для всего пояса и называется поясным временем $T_{п}$.

Поясное время обладает следующими свойствами:

разность поясных времен в двух соседних поясах равна 1^h ;

разность поясных времен в двух любых поясах равна разности их номеров;

поясное время в любом поясе отличается от гринвичского, т. е. от времени нулевого пояса, на величину номера пояса, т. е.

$$T_{п} = T_{гр} \pm N_{W}^{O^{st}}, \quad \text{или} \quad T_{гр} = T_{п} \pm N_{W}^{O^{st}} \quad (55)$$

Теоретически в пределах одного пояса $T_{м}$ не может отличаться от $T_{п}$ более, чем на 30^m ($7^\circ 30'$). Однако на практике границы поясов, особенно на суше, устанавливаются по государственным или

естественным (рекам, побережью морей) границам, не совпадающим с меридианами, кратными по долготе $7^{\circ}30'$.

В СССР поясное время было введено в 1919 г. Декретом советского правительства от 16 июня 1930 г., с целью перенести рабочее время на более освещенные часы суток, на всей территории нашей страны время было переведено на $1^{\text{ч}}$ вперед. Поясное время, увеличенное на $1^{\text{ч}}$, называется декретным временем $T_{\text{д}}$:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{п}} + 1^{\text{ч}}.$$

Декретное время второго восточного пояса в СССР называется московским временем:

$$T_{\text{моск}} = T_{\text{гр}} + 2^{\text{ч}} + 1_{\text{декр.ч}} = T_{\text{гр}} + 3^{\text{ч}}.$$

В некоторых странах стрелки часов переводятся на $1^{\text{ч}}$ вперед только на летнее время. Такое время получило название летнего.

Судовым временем $T_{\text{с}}$ называется поясное время, принятое на данном судне. Обычно часы на судне ставят по поясному или декретному времени. Судовое время учитывают с точностью до $1^{\text{м}}$.

Соотношение между $T_{\text{гр}}$, $T_{\text{м}}$ и $T_{\text{п}}$. На практике необходимо уметь вычислять местное среднее время по известному поясному (судовому) или решать обратную задачу. Переход от $T_{\text{м}}$ к $T_{\text{п}}$ ($T_{\text{с}}$) делают приемом «через Гринвич». Он заключается в том, что сначала по $T_{\text{м}}$ и известной долготе наблюдателя вычисляют $T_{\text{гр}}$, а затем номером пояса переводят $T_{\text{гр}}$ в $T_{\text{п}}$:

$$T_{\text{гр}} = T_{\text{м}} \pm \lambda_{\text{W}}^{\text{ost}} \quad \text{и} \quad T_{\text{п}} = T_{\text{гр}} \pm N_{\text{W}}^{\text{ost}}.$$

При решении обратной задачи применяют тот же прием: заданное $T_{\text{п}}$ ($T_{\text{с}}$) переводят номером пояса в $T_{\text{гр}}$, а затем по $T_{\text{гр}}$ и долготе наблюдателя получают $T_{\text{м}}$:

$$T_{\text{гр}} = T_{\text{п}} \pm N_{\text{W}}^{\text{ost}} \quad \text{и} \quad T_{\text{м}} = T_{\text{гр}} \pm \lambda_{\text{W}}^{\text{ost}}.$$

Для определения номера пояса долготу наблюдателя делят на 15° . Если в остатке получается больше $7^{\circ}30'$, то частное от деления увеличивают на единицу.

Пример 34. 17.XI $T_{\text{м}} = 4^{\text{ч}} 42^{\text{м}} 08^{\text{с}}$; $\lambda = 67^{\circ}22',0\text{W}$. Определить $T_{\text{п}}$.

Решение.

17. XI	+	$T_{\text{м}}$	4 ^ч 42 ^м 08 ^с
		λ_{W}	4 29 28
17. XI	-	$T_{\text{гр}}$	9 ^ч 11 ^м 36 ^с
		N_{W}	4
17. XI		$T_{\text{п}}$	5 ^ч 11 ^м 36 ^с

Пример 35. 10.III $T_{\text{с}} = 16^{\text{ч}} 40^{\text{м}}$; $\lambda = 147^{\circ}40',0\text{O}^{\text{st}}$. Определить $T_{\text{м}}$.

$$\begin{array}{r|l}
 \text{Решение.} & 10.\text{III} \quad - \quad T_c \\
 & \quad \quad N_{\text{Ost}} \\
 \hline
 & 16^{\text{ч}} 40^{\text{м}} \\
 & \quad \quad 10 \\
 10.\text{III} & + \quad T_{\text{гр}} \\
 & \quad \quad \lambda_{\text{Ost}} \\
 \hline
 & 06^{\text{ч}} 40^{\text{м}} \\
 & \quad \quad 9 \quad 51 \\
 10.\text{III} & \quad \quad T_{\text{м}} \\
 \hline
 & 16^{\text{ч}} 31^{\text{м}}
 \end{array}$$

Если задано декретное время, то предварительно получают $T_{\text{п}} = T_{\text{д}} - 1^{\text{ч}}$.

Линия перемены даты. Если идти от Гринвича на восток, то в каждом следующем поясе время увеличивается на $1^{\text{ч}}$, а при движении на запад — уменьшается на $1^{\text{ч}}$. Для того чтобы судовое время соответствовало номеру пояса, в котором находится судно, при пересечении границ поясов стрелки часов переводят на $1^{\text{ч}}$ вперед (при следовании в восточном направлении) или назад (при следовании в западном направлении). Перевод часов делают по распоряжению капитана, извещая об этом все судовые службы.

В восточной части 12-го пояса время идет впереди Гринвича на $12^{\text{ч}}$. В западной части того же 12-го пояса часы показывают на $12^{\text{ч}}$ меньше, чем на Гринвиче. Таким образом, у наблюдателей в восточной и западной частях этого пояса в один и тот же момент часы показывают одинаковое время, но даты различные (см. рис. 120). При этом у наблюдателя в восточной части пояса на календаре значится следующая дата по сравнению с наблюдателем в западной его части.

За границу смены дат принята линия, совпадающая в основном с меридианом 180° . При пересечении этой линии судном, идущим в восточном направлении, начиная с ближайшей полночи повторяют одну и ту же дату дважды. Если судно пересекает линию смены даты, двигаясь на запад, то после наступления полночи одну дату выбрасывают из календаря.

§ 103. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ

Для измерения времени на судах применяют морские хронометры, судовые часы, палубные часы и секундомеры.

Морской хронометр (рис. 121) предназначен для определения моментов точного гринвичского времени $T_{\text{гр}}$. Механизм хронометра состоит из следующих основных узлов:

двигателя, заводная пружина которого приводит в движение части хронометра;

регулятора (маятника), совершающего колебания со строго постоянным периодом. Для сохранения постоянства колебаний при изменениях температуры он имеет температурный компенсатор;

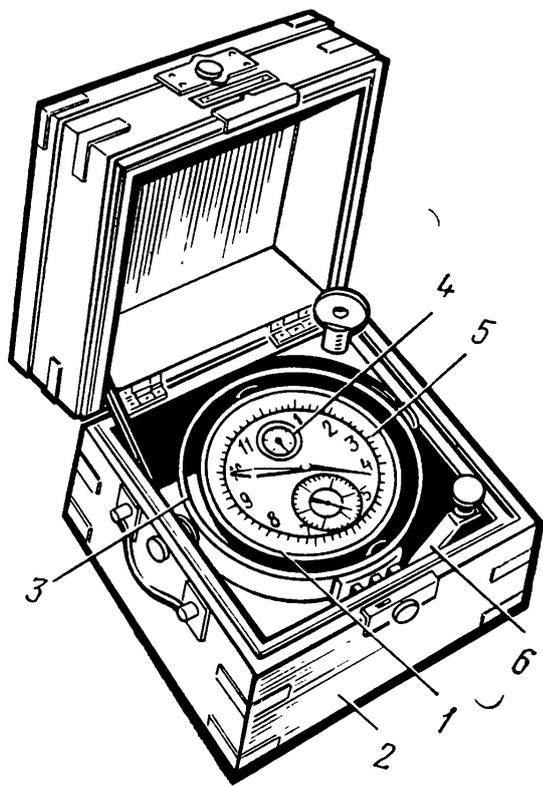


Рис. 121. Морской хронометр

хронометрического спуска, предназначенного для равномерного пуска и остановки счетного механизма в соответствии с колебаниями маятника;

счетного механизма, включающего в себя систему зубчатых колес и стрелок.

Механизм хронометра вмонтирован в металлический корпус 1, который сверху завинчивается металлическим кольцом со стеклянной крышкой 5. В нижней части корпуса имеется отверстие для завода. Корпус хронометра крепится в ящике 2 с двойной крышкой при помощи карданова подвеса 3, предохраняющего хронометр от влияния качки. Циферблат хронометра 4 разделен на двенадцать часов.

Часовая и минутная стрелки насажены на ось ходового механизма, конец которой имеет четырехгранное сечение для перевода стрелок при помощи заводного ключа. Малый циферблат, расположенный в нижней части основного, разделен на 60 с. Секундная стрелка двигается толчками по 0^с, 5, ее скачки сопровождаются ясно слышимыми ударами. В верхней части основного циферблата находится стрелка счетчика завода, которая при полном заводе хронометра устанавливается на отсчет 0 ч, а при его остановке — на отсчет 56 ч. Таким образом, стрелка показывает, сколько часов прошло от полного завода прибора.

Хронометр хранится в специальном отделении штурманского стола.

Отсчеты хронометра при проведении астрономических наблюдений берут через стекло во второй крышке ящика. Стопор карданова подвеса у работающего хронометра должен быть отдан.

Хронометр заводят ежедневно в одно и то же время, обычно утром в 8 ч. Чтобы завести прибор, открывают обе крышки ящика и аккуратно поворачивают корпус вверх дном. Удерживая корпус в таком положении левой рукой, заводным ключом открывают заслонку отверстия для завода. Вставив заводной ключ, поворачивают его правой рукой против часовой стрелки, делая семь-восемь полуоборотов, что достаточно при ежедневном заводе хронометра. Последний полуоборот делают осторожно, доводя стрелку счетчика завода до положения 4—8 ч.

Если хронометр стоял, то после завода его стрелки устанавливают по намеченному $T_{гр}$. Для этого закрепляют стопором 6 карданов подвес, отвинчивают кольцо со стеклянной крышкой и наде-

вают заводной ключ на выступающий конец оси стрелок. Поворотом ключа вправо переводят стрелки на нужный отсчет $T_{гр}$, согласовывая показания минутной стрелки с секундной. Завинтив стеклянную крышку, пускают хронометр, для чего поворачивают его легким толчком на $40\text{--}50^\circ$ вокруг вертикальной оси. Без такого первоначального толчка, приводящего в движение маятник, хронометр не пойдет.

На небольшие расстояния хронометр переносят на руках при закрепленном стопоре.

При получении на судно нового хронометра следует перед его пуском удалить пробковые клинышки, вставленные под регулятор.

Судовые часы предназначаются для фиксации судового времени T_c при ведении счисления и производстве навигационных определений. Часы служат также для организации службы и повседневной жизни на судне. Циферблат судовых часов разбит на 12 или 24 часовых деления. Заводят их раз в неделю, причем показания часов, установленных в различных служебных и жилых помещениях, согласовываются с часами в штурманской рубке.

Палубные часы представляют собой переносные часы карманного типа с центральной секундной стрелкой, движущейся толчками по $0^c, 2$. Часы устанавливаются по $T_{гр}$ и используются при проведении астрономических наблюдений.

Секундомер служит для измерения небольших промежутков времени при судовых наблюдениях. При помощи пусковой кнопки секундную стрелку пускают в ход, стопорят и, по окончании наблюдений, возвращают в нулевое положение. Кроме секундной, у секундомеров имеется минутная шкала, которая используется при измерении промежутков времени, превышающих минуту.

§ 104. ПОПРАВКА ХРОНОМЕТРА И ЕГО ХОД. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ ХРОНОМЕТРА

Показания хронометров, вследствие их конструктивных недостатков, могут отличаться от $T_{гр}$, на которое они устанавливаются.

Разность между $T_{гр}$ и показанием хронометра $T_{хр}$ в один и тот же момент называется поправкой хронометра $u_{хр}$:

$$u_{хр} = T_{гр} - T_{хр}. \quad (56)$$

Знак $u_{хр}$ положительный, если $T_{гр} > T_{хр}$ (хронометр идет позади $T_{гр}$) и отрицательный, если $T_{гр} < T_{хр}$ (хронометр идет впереди $T_{гр}$).

Пример 36. $T_{гр} = 5^ч 00^м 00^с$; $T_{хр} = 5^ч 02^м 17^с$. Определить $u_{хр}$.

Решение.

$$\begin{array}{r|l} T_{гр} & 5^ч 00^м 00^с \\ - T_{хр} & 5 \ 02 \ 17 \\ \hline u_{хр} & - \ 02^м 17^с \end{array}$$

Величина $u_{\text{хр}}$ не может превышать $\pm 6^{\text{ч}}$, так как циферблат хронометра разбит на $12^{\text{ч}}$.

Поправка хронометра не остается постоянной. Хронометры или спешат, или отстают. Величину изменения $u_{\text{хр}}$ за некоторый промежуток времени называют *ходом хронометра*.

Изменение поправки хронометра за одни сутки называется *суточным ходом хронометра* ω . Суточный ход определяют по формуле

$$\omega = \frac{u_{\text{хр}_2} - u_{\text{хр}_1}}{\Delta T}, \quad (57)$$

где $u_{\text{хр}_1}$ — предыдущая поправка;

$u_{\text{хр}_2}$ — последующая поправка;

ΔT — промежуток времени, сут и их доли.

Знак суточного хода определяется формулой (57). При определении знака ω можно также руководствоваться правилом: хронометр отстает — суточный ход положителен, хронометр спешит — суточный ход отрицателен. По техническим условиям абсолютная величина ω при температурах от $+6$ до $+36^{\circ}$ не должна превышать $4^{\text{с}},0$.

Качество хронометра определяется постоянством суточного хода. Среднее изменение ω за одни сутки не должно быть больше $0^{\text{с}},5$. Для суждения о работе хронометра ω выводят каждые сутки из двух соседних поправок. Если суточный ход используют для расчета $u_{\text{хр}}$, то его следует определять из двух поправок, разделенных промежутком времени в 7—12 сут.

Пример 37. 15.V в $T_{\text{гр}} = 10^{\text{ч}} 00^{\text{м}}$ имели $u_{\text{хр}_1} = + 2^{\text{м}} 24^{\text{с}}$;

26.V в $T_{\text{гр}} = 10^{\text{ч}} 00^{\text{м}}$ определили $u_{\text{хр}_2} = + 1^{\text{м}} 59^{\text{с}}$. Определить ω .

Решение.

$$\omega = \frac{(+1^{\text{м}} 59^{\text{с}}) - (+2^{\text{м}} 24^{\text{с}})}{11^{\text{д}},0} = \frac{-25^{\text{с}},0}{11^{\text{д}},0} = -2^{\text{с}},3.$$

Определение поправки хронометра. Для получения $T_{\text{гр}}$ к замеченному моменту хронометра $T_{\text{хр}}$ необходимо прибавлять поправку хронометра со своим знаком:

$$T_{\text{гр}} = T_{\text{хр}} + u_{\text{хр}}. \quad (58)$$

Значение $u_{\text{хр}}$ определяют ежесуточно по радиосигналам времени, которые передают специальные радиостанции. Сведения об этих радиостанциях (их позывные, частоты, время работы и программы передач) помещаются в Извещениях мореплавателям.

Принцип определения $u_{\text{хр}}$ заключается в том, что в момент подачи радиосигнала замечают отсчет по хронометру $T_{\text{хр}}$. Так как гринвичское время $T_{\text{гр}}$ подачи сигнала заранее известно из программы передачи, то

$$u_{\text{хр}} = T_{\text{гр}} - T_{\text{хр}}.$$

При работе радиостанции подается не один сигнал, а несколько серий их, поэтому $u_{\text{хр}}$ обычно определяют по трем—шести сигналам с последующим осреднением результатов. Такой прием по-

зволяет избежать промаха и уменьшить случайные ошибки наблюдений.

На практике $u_{хр}$ иногда определяют по сигналам времени широкорешетчатых радиостанций, которые подают шесть звуковых точек в конце 59-й минуты каждого часа. Начало последней, шестой точки соответствует 00^м 00^с очередного часа.

Сигналы времени принимают тремя способами. Если в штурманской рубке есть динамик или наушники, то $T_{хр}$ в момент подачи сигналов времени фиксируют непосредственно по хронометру. Сперва замечают показания секундной, затем минутной и часовой стрелок. Если радиоприемник имеется только в радиорубке, то прием сигналов ведут на секундомер. В момент подачи первого из намеченных сигналов пускают его стрелку, а второй и третий сигналы принимают на уже идущую стрелку. В намеченный момент по хронометру $T_{хр}$ останавливают секундомер. Вычтя из $T_{хр}$ показания секундомера, получают $T_{хр1}$ для первого сигнала. Моменты хронометра для второго и третьего сигналов получают, прибавляя к $T_{хр1}$ записанные моменты секундомера.

Сигналы можно принимать также на палубные часы, переводя их показания в моменты хронометра при помощи особого приема, называемого «сличением».

Для получения $u_{хр}$ в том случае, когда поправку почему-либо не удалось получить по радио, пользуются суточным ходом:

$$u_{хр2} = u_{хр1} + \omega \Delta T, \quad (59)$$

где $u_{хр2}$ — определяемая поправка;

$u_{хр1}$ — последняя известная поправка;

ΔT — промежуток времени между моментами определения поправок, сут и их доли.

Формулой (59) пользуются также для получения $u_{хр}$ на момент астрономических наблюдений.

Поправку хронометра и суточный ход после их определения записывают в судовой Журнал поправок хронометра (табл. 6).

Таблица 6

Дата	$T_{гр}$, позывные станции	Хронометр № —————			Примечание
		Момент по хронометру	Поправка хронометра $u_{хр}$	Суточный ход ω	
1. IV. 75	10.00 «Москва»	9—56—28	+3—32		
2. IV	10.00 »	9—56—31	+3—29	—3,0	
3. IV	10.00 «Маяк»	9—56—34	+3—26	—3,0	

§ 105. СЛУЖБА ВРЕМЕНИ НА СУДНЕ.

РАБОТА С ХРОНОМЕТРОМ ПРИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ

Служба времени на судне имеет своей задачей обеспечить получение точного гринвичского времени (до 0^с,5), судового времени с точностью до 0^м,5 для судовождения и 1^м, для организации пов-

седневной деятельности. Для этого ежедневно заводят хронометр, определяют его поправку по радиосигналам времени, рассчитывают суточный ход и ведут журнал поправок хронометра. Систематически заводят также все судовые часы в служебных помещениях, согласовывают их показания и переводят стрелки при переходе в другой часовой пояс.

Определение $T_{гр}$ при астрономических наблюдениях. При измерении высот светил фиксируют моменты по хронометру для последующего расчета $T_{гр}$ наблюдений. На практике измеряют три — пять высот каждого светила. Наблюдения обычно выполняют вдвоем: помощником может быть один из штурманов или специально подготовленный матрос.

Наблюдатель располагается с секстаном на мостике, а помощник в рубке, возле хронометра. Помощник должен слышать команды наблюдателя. За несколько секунд до взятия высоты секстаном наблюдатель подает команду «Товсь!», по которой помощник начинает следить за секундной стрелкой хронометра. В момент касания светила линии горизонта подается команда «Ноль!», по которой помощник замечает и записывает $T_{хр}$. Рядом записывают отсчет секстана, который наблюдатель диктует помощнику.

Иногда моменты замечают по палубным часам с последующим переводом их в $T_{хр}$ при помощи «сличения».

Если наблюдения проводит один штурман, то $T_{хр}$ замечают по секундомеру. В момент касания светил линии горизонта наблюдатель пускает секундомер и идет в рубку. Заметив какой-либо отсчет на хронометре $T'_{хр}$, останавливает секундомер. Отсчет хронометра, соответствующий моменту взятия высоты, будет равен $T_{хр} = T'_{хр} - c$, где c — показание секундомера. Затем наблюдения продолжают в том же порядке. Этот способ трудоемок и требует больших затрат времени, особенно при определении места по звездам.

Расчет $T_{гр}$ наблюдений данного светила производят по среднему из замеченных $T_{хр}$ и поправке хронометра $u_{хр}$. Так как циферблат хронометра разделен только на 12 часовых делений, то, чтобы не ошибиться на $12^ч$, предварительно по T_c рассчитывают приближенное $T_{гр}$, а также дату наблюдений.

Пример 38. 12.X 1976 г. $T_c = 5^ч 20^м$; $\lambda = 135^{\circ} 30', 0 O^{st}$. При измерении высоты светила замерили $T_{хр} = 8^ч 22^м 19^с$; $u_{хр} = -2^м 17^с$. Определить $T_{гр}$ наблюдений.

$$\begin{array}{r|l}
 12.X \quad T_c & 5^ч \ 20^м \\
 \hline
 -N_{O^{st}} & 9 \\
 \hline
 11.X \quad T_{гр} & 20^ч \ 20^м
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r|l}
 T_{хр} & 8^ч \ 22^м \ 19^с \ (+12^ч) \\
 + \\
 u_{хр} & - \ 2 \ 17 \\
 \hline
 11.X \quad T_{гр} & 20^ч \ 20^м \ 02^с
 \end{array}$$

МОРСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЕЖЕГОДНИК

§ 106. НАЗНАЧЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ
МОРСКОГО АСТРОНОМИЧЕСКОГО ЕЖЕГОДНИКА

Ежегодник содержит таблицы предварительно вычисленных координат небесных светил на данный год, а также некоторые другие астрономические данные. Он предназначен в основном для получения гринвичских часовых углов и склонений светил на момент их наблюдений. По этим данным, а также по навигационным параметрам, измеренным при наблюдениях светил, вычисляют обсервованное место судна или поправку судового компаса. С помощью ежегодника решают и другие астрономические задачи.

Расположение материала в МАЕ указано в его содержании. В пояснении к пользованию объясняются устройство всех таблиц и правила работы с ними.

Ежедневные таблицы, составляющие основную часть МАЕ, содержат такие данные, как гринвичские часовые углы точки Овна, гринвичские часовые углы и склонения Солнца, Луны и четырех навигационных планет. Эти величины приведены на каждую дату через 1^ч гринвичского времени. Здесь же даны моменты местного времени восхода и захода Солнца и Луны, начала и конца сумерек, кульминации Солнца.

В таблице «Звезды» приведены видимые места (τ , δ) 159 наиболее ярких звезд. В специальных таблицах даются азимуты Полярной, которые используют при определении поправки компаса, а также поправки к высоте Полярной, учитываемые при определении широты по наблюдениям этой звезды.

Основные интерполяционные таблицы предназначены для нахождения поправок часовых углов и склонений светил на промежуточные моменты $T_{гр}$.

В приложении к МАЕ помещены таблицы для интерполирования восхода и захода Солнца и Луны, сумерек и кульминации планет, а также таблица перевода дуговой меры во временную и обратно.

§ 107. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТНЫХ ЧАСОВЫХ УГЛОВ
И СКЛОНЕНИЙ СВЕТИЛ

Определение местного часового угла и склонения звезды. Часовые углы звезд в МАЕ непосредственно не приводятся. Для их получения используют формулу $t_m^* = t_m^r + \tau^*$. Значения гринвичских часовых углов точки Овна $t_{гр}^r$ даны в ежедневных таблицах, звездные дополнения τ , а также склонения звезд δ выбирают из таблицы «Звезды». При выборке τ и δ производят интерполяцию на

гринвичскую дату между колонками соседних месяцев. Вычисления ведут в следующем порядке.

1. По гринвичской дате и табличному моменту всемирного времени, ближайшему меньшему к $T_{гр}$ наблюдений, из ежедневных таблиц выбирают t_T^r .

2. Из основных интерполяционных таблиц в столбце «Точка Овна» находят изменения Δt^r за минуты и секунды $T_{гр}$ и складывают с t_T^r . Получают $t_{гр}^r$ (всегда западный) на заданный момент наблюдений $T_{гр}$.

3. Полученный $t_{гр}^r$ переводят в t_M^r , пользуясь долготой наблюдателя.

4. Из таблицы «Звезды» выбирают τ и δ данной звезды. Эти же величины могут быть получены без интерполяции по вкладному листу к МАЕ. Для быстрого отыскания порядкового номера нужной звезды следует воспользоваться списком звезд по алфавиту созвездий или списком собственных имен звезд, которые приводятся на обратной стороне вложенной в МАЕ карты звездного неба.

5. Значение t_M^r складывают с τ и получают t_M^* данной звезды. Если t_M^* оказывается больше 180° , его переводят в восточный, взяв дополнение до 360° .

Пример 39. 12.X 1976 г. $T_c = 18^h 09^m$ в $\lambda_c = 134^\circ 20', 0W$ получили $T_{хр} = 03^h 08^m 17^s$; $u_{хр} = +0^m 11^s$. Определить t_M^* и δ_* звезды α Змееносца (порядковый номер 130).

Решение.

12.X T_c	$18^h 09^m$	$T_{хр}$	$03^h 08^m 17^s$
$+N_W$	9	$u_{хр}$	+ 0 11
13.X $T_{гр}$	$03^h 09^m$	$T_{гр}$	$03^h 08^m 28^s$
		t_T^r	$66^\circ 48', 2$
		Δt^r	$2 07,3$
		$t_{гр}^r$	$68^\circ 55', 5$
		λ_W	$134 20,0$
		$+ t_M^r$	$294^\circ 35', 5$
		τ_*	$96 32,2$
		t_M^*	$31^\circ 07', 7W$
		$t_{пр}^*$	$31 07,7W$
		δ_*	$12^\circ 34', 9N$

Определение местных часовых углов и склонений Солнца, планет и Луны.

1. По гринвичской дате и табличному моменту всемирного времени, ближайшему меньшему к $T_{гр}$ наблюдений, из ежедневных таблиц выбирают t_T и δ_T Солнца, планеты или Луны. Одновременно выбирают величину и знак квазиразности $\bar{\Delta}$ и разности Δ . Для Солнца и планет $\bar{\Delta}$ и Δ приведены в нижней части страницы на

трехсуточный интервал, для Луны — справа от столбцов t_T и δ_T этого светила.

2. Из основных интерполяционных таблиц в столбце «Солнце и планеты» или «Луна» находят основное изменение $\Delta_1 t$ к часовому углу за минуты и секунды $T_{гр}$.

3. Из той же интерполяционной таблицы из столбцов «Попр.» по аргументу квазиразности Δ находят дополнительное изменение $\Delta_2 t$ к часовому углу (всегда положительное), а по аргументу разности Δ — поправку $\Delta\delta$ к склонению. Знак $\Delta\delta$ соответствует знаку Δ .

4. Складывают величины $t_T, \Delta_1 t$ и $\Delta_2 t$, а также δ_T и $\Delta\delta$ и получают гринвичский часовой угол $t_{гр}$ и склонение δ светила на заданный момент $T_{гр}$. Величину $t_{гр}$ переводят в t_M , пользуясь долгой наблюдателя. Если t_M оказывается больше 180° , переводят его в восточный.

Пример 40. 1.IX 1976 г. $T_c = 10^h 41^m$ в $\lambda_c = 59^\circ 24', 5 O^{st}$ получили $T_{хр} = 6^h 32^m 15^s$; $u_{хр} = +08^m 42^s$. Определить t_M и δ Солнца.

Решение.

I.IX T_c	$10^h 41^m$	$T_{хр}$	$6^h 32^m 15^s$
$N_{O^{st}}$	4	$u_{хр}$	+ 8 42
I.IX $T_{гр}$	$06^h 41^m$	$T_{гр}$	$6^h 40^m 57^s$
$\delta_T \odot$	$8^\circ 13', 5 N (-0,9)$	$t_T \odot$	$270^\circ 00', 2 (+1', 2)$
$\Delta\delta$	-0,6	$\Delta_1 t$	10 13,6
$\delta \odot$	$8^\circ 12', 9 N$	$\Delta_2 t$	0,8
		$t_{гр} \odot$	$280^\circ 14', 6$
		+ $\lambda_{O^{st}}$	59 24,5
		$t_M \odot$	$339^\circ 39', 1 W$
		$t_{пр}$	$20 20,9 O^{st}$

§ 108. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУДОВОГО ВРЕМЕНИ КУЛЬМИНАЦИИ СОЛНЦА, ВОСХОДА И ЗАХОДА СОЛНЦА И ЛУНЫ И ВРЕМЕНИ СУМЕРЕК

Определение времени кульминации Солнца. Моменты верхних (в) и нижних (н) кульминаций Солнца T_K на меридиане Гринвича по гринвичскому времени приведены на правых страницах разворотов ежедневных таблиц. При расчете времени кульминации Солнца помещенные в МАЕ значения T_K можно принимать за местное время T_{KM} кульминации светила на заданном меридиане наблюдателя. Момент T_{KM} переводят в судовое время T_c приемом «через Гринвич».

Пример 41. 15.VIII 1976 г. $\lambda_c = 45^\circ 15', 0 O^{st}$. Определить T_c верхней кульминации Солнца.

Решение.

$$\begin{array}{r|l}
 15.VIII & T_{\kappa M} \\
 & - \lambda_{Ost} \\
 \hline
 15.VIII & T_{rp} \\
 & + N_{Ost} \\
 \hline
 15.VIII & T_c \\
 \hline
 \end{array} \left| \begin{array}{l}
 12^u 04^M \\
 3 01 \\
 \hline
 9^u 03^M \\
 3 \\
 \hline
 12^u 03^M
 \end{array} \right.$$

Определение времени восхода и захода Солнца и Луны. Видимым восходом или заходом называется момент касания верхнего края диска Солнца или Луны линии видимого горизонта. В ежедневных таблицах МАЕ приведены моменты видимого восхода и захода этих светил на меридиане Гринвича по гринвичскому времени для табличных широт от $60^\circ S$ до $74^\circ N$ через интервалы широт в $10,5$ и 2° . Слева и справа от моментов этих явлений даны величины их суточных изменений. Для Солнца знак суточных изменений указан, а для Луны этот знак определяется в зависимости от возрастания или убывания моментов к предыдущим или последующим суткам.

Так как для Солнца моменты восхода и захода даны на среднюю дату трехсуточного интервала, то при расчете на дату, не совпадающую со средней, необходимо предварительно сделать расчет моментов явлений на заданную дату для широты, ближайшей меньшей к широте наблюдателя. При этом пользуются суточным изменением, беря его для предыдущей даты слева, а для последующей — справа.

Определение T_c восхода или захода Солнца или Луны выполняют в следующем порядке:

из ежедневных таблиц на заданную дату выбирают момент явления T_T для табличной широты, ближайшей меньшей к заданной.

При этом замечают разность Δ_1 (величину и знак) между моментом для последующей табличной широты и выбранным моментом, а также выписывают суточное изменение Δ_2 , которое берут слева, если долгота восточная, и справа, если западная;

из первой части вспомогательной таблицы для интерполирования восходов и заходов Солнца и Луны, сумерек и кульминаций планет (приложение I. А. Интерполирование по широте) находят поправку за изменение широты ΔT_φ к выбранному моменту T_T . Аргументами для входа в эту таблицу служат величина разности моментов Δ_1 и разность $\Delta\varphi$ между значениями заданной широты и табличной. С разностью $\Delta\varphi$ входят в одну из трех строк с табличными интервалами широт $2,5$ или 10° . Строка должна соответствовать интервалу широт, между которыми производится интерполирование. Поправка ΔT_φ берется на пересечении столбца $\Delta\varphi$ со строкой Δ_1 с тем же знаком, который имеет Δ_1 ;

из второй части вспомогательной таблицы (приложение I. Б. Поправка за долготу) находят поправку ΔT_λ к выбранному моменту T_T соответственно долготе места. Аргументами для входа

в эту таблицу служат долгота наблюдателя λ и суточное изменение Δ_2 . Знак ΔT_λ одинаков со знаком Δ_2 ;

суммируют найденные величины T_T , ΔT_φ и ΔT_λ и получают T_M явления в заданном пункте. Приемом «через Гринвич» переводят T_M в T_c .

Пример 42. 25.XI 1976 г. $\varphi_c = 69^\circ 30', 0 N$; $\lambda_c = 98^\circ 10', 0 O^{st}$. Определить T_c восхода Солнца.

Решение.

25.XI	T_T	$10^h 03^m$	в $\varphi_T = 68^\circ N$ ($\Delta\varphi = 1^\circ 30'$; $\Delta_1 = +74^m$) ($\lambda = 98^\circ 10' O^{st}$; $\Delta_2 = -5^m$)
	ΔT_φ	+ 44	
	ΔT_λ	- 01	
<hr/>		<hr/>	
25.XI	T_M	$10^h 46^m$	
	$-\lambda_{Ost}$	6 33	
<hr/>		<hr/>	
25.XI	T_{gp}	$4^h 13^m$	
	$+N_{Ost}$	7	
<hr/>		<hr/>	
25.XI	T_c	$11^h 13^m$	

Определение времени сумерек. В МАЕ приведены моменты начала и конца навигационных и гражданских сумерек на меридиане Гринвича по гринвичскому времени на среднюю дату трехсуточного интервала. Эти моменты даны для тех же широт, что и моменты восхода и захода Солнца.

Гражданскими сумерками называется промежуток времени от момента, когда высота центра Солнца равна -6° , до момента видимого восхода верхнего края Солнца (утренние сумерки) или, наоборот, от момента видимого захода верхнего края Солнца до момента, когда высота центра Солнца составляет -6° (вечерние сумерки).

Навигационными сумерками называется промежуток времени между моментами, когда высота центра Солнца равна -12° и -6° (утром) или, наоборот, между моментами, когда высота центра Солнца равна -6° и -12° (вечером). Период навигационных сумерек используют для звездных наблюдений.

Во время сумерек не бывает полной темноты, так как Солнце освещает атмосферу из-под горизонта. Однако следует помнить, что начало и конец сумерек в МАЕ рассчитаны для хорошей погоды и, следовательно, осадки или туман могут сократить их продолжительность.

Порядок работы при расчете моментов начала или конца сумерек тот же, что и при определении моментов восхода или захода Солнца и Луны. Указанные в МАЕ моменты этого явления можно использовать для любой даты данного трехсуточного интервала. При расчете T_c начала или конца сумерек в заданном пункте поправкой за долготу можно пренебречь.

Пример 43. 12.IX 1976 г. $\varphi_c = 57^\circ 40' N$; $\lambda_c = 38^\circ 20' W$. Определить T_c начала утренних навигационных сумерек.

Решение.

12.IX	T_T	$4^h 04^m$	в $\varphi_T = 56^\circ N$ ($\Delta\varphi = 1^\circ 40'$; $\Delta_1 = -8^m$)
	ΔT_φ	-6	
12.IX	T_M	$3^h 58^m$	
	$+ \lambda_W$	$2 \ 33$	
12.IX	T_{gp}	$6^h 31^m$	
	$-N_W$	3	
12.IX	T_c	$3^h 31^m$	

Г л а в а X X I

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО И ЗВЕЗДНЫЙ ГЛОБУС

§ 109. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЕЗД.

ОСНОВНЫЕ СОЗВЕЗДИЯ И ЗВЕЗДЫ СЕВЕРНЫХ ШИРОТ, ОТЫСКИВАНИЕ ИХ НА ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ

Для определения места судна и поправки компаса в судовождении используют наиболее яркие, так называемые навигационные звезды. Яркость звезд характеризуют их звездной величиной, причем наиболее яркие из них имеют отрицательную звездную величину, а менее яркие — нулевую и, затем, положительную. Звездные величины 159 наиболее ярких навигационных звезд, а также 4 планет приведены в МАЕ. Самая яркая звезда Сириус имеет звездную величину $-1,6$, звезда Полярная $+2,1$, самые слабые звезды, еще различимые невооруженным глазом, $+6$.

В глубокой древности многие звезды были объединены в группы, называемые созвездиями. Происхождение названий большинства из них связано с древними легендами. Наиболее яркие звезды, входящие в созвездия, обозначаются буквами греческого алфавита, а также имеют собственные названия. Например, звезда α созвездия Лиры имеет собственное название Вега, звезда α Малой Медведицы — Полярная.

На отдельном вкладыше в МАЕ дана карта звездного неба, разделенная на три части. На первой карте показаны звезды со склонением δ от 30 до $90^\circ N$, на второй — от 30 до $90^\circ S$ и на третьей, включающей экваториальную зону, от $60^\circ N$ до $60^\circ S$.

Судоводитель должен уметь ориентироваться на звездном небе, правильно определять наименования звезд. Практически для получения места судна достаточно знать 40—50 наиболее ярких звезд.

Ориентировку на звездном небе производят по основным созвездиям, схема расположения которых для наблюдателя в северных широтах приведена на рис. 122.

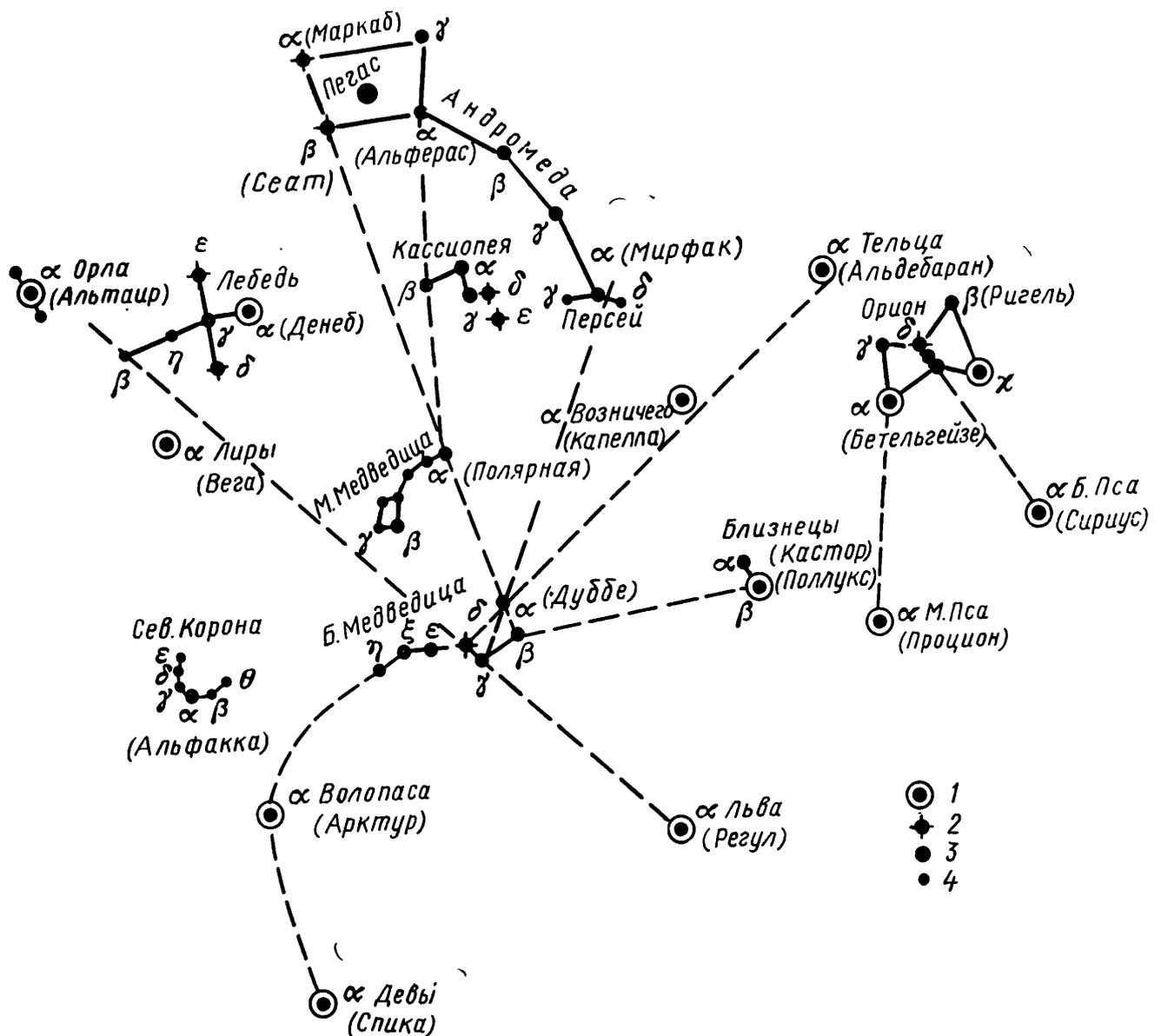


Рис. 122. Схема расположения созвездий и ярких звезд

При изучении звездного неба за исходное принимают созвездие Большой Медведицы. Оно имеет вид ковша с ручкой и состоит из семи основных звезд. На продолжении линии, соединяющей звезды β и α Большой Медведицы, примерно в пяти расстояниях между ними, располагается не очень яркая звезда α Малой Медведицы (Полярная). Особенностью этой звезды является ее положение вблизи северного полюса мира. Вокруг Полярной происходит вращение небесной сферы в суточном движении. Ее высота над горизонтом равна приблизительно высоте повышенного полюса P_N , т. е. широте наблюдателя. В южном полушарии эта звезда наблюдаться не может.

Продолжив линию, соединяющую звезды β и α , найдем созвездие Пегаса, имеющее вид большого квадрата. В него входят яркие звезды α (Маркаб) и β (Сеат).

На продолжении линии γ — δ Большой Медведицы располагается созвездие Лебеда с яркой звездой α (Денеб). Недалеко от этой линии найдем созвездие Орла с яркой звездой α (Альтаир) и созвездие Лиры со звездой α (Вега). Денеб, Альтаир и Вега — звезды первой величины. На звездном небе они образуют равнобедренный треугольник.

Следуя по линии от δ к γ Большой Медведицы, встретим созвездие Льва с яркой звездой α (Регул).

На продолжении дуги, образующей ручку ковша Большой Медведицы, располагается созвездие Волопаса с яркой звездой α (Арктур). Рядом с созвездием Волопаса находится созвездие Северной Короны, имеющее форму подковы. Продолжая дугу, найдем звезду α созвездия Девы (Спика).

Соединив звезду δ Большой Медведицы с Полярной, найдем созвездие Кассиопеи, имеющее форму растянутой буквы W. За Кассиопеей расположено созвездие Андромеды.

На продолжении линии звезд γ и α Большой Медведицы лежит созвездие Персея с яркой звездой α (Мирфак).

Соединив звезды δ и α Большой Медведицы и продолжив эту линию за звезду α , найдем созвездие Возничего с яркой звездой α (Капелла). На продолжении этой линии лежит созвездие Тельца со звездой α (Альдебаран).

На продолжении линии звезд δ и β Большой Медведицы расположено созвездие Близнецов с яркими звездами α (Кастор) и β (Поллукс). Продолжив это направление, найдем созвездие Большого Пса с яркой звездой α (Сириус). Примерно на равном расстоянии между Сириусом и Поллуксом находится созвездие Малого Пса со звездой α (Процион).

На линии Полярная — Капелла, между звездами Сириус и Альдебаран, располагается созвездие Орион, имеющее вид трапеции. Наиболее яркие звезды Ориона α (Бетельгейзе) и β (Ригель). Три небольшие звезды внутри созвездия называются Поясом Ориона.

Вид звездного неба в течение ночи меняется из-за вращения небесной сферы. Вследствие годового движения Солнца по эклиптике в разное время года можно наблюдать вполне определенные зодиакальные созвездия. В полночь вблизи меридиана наблюдателя будет видно созвездие, противоположное тому, в котором в это время находится Солнце. Так, в марте в полночь кульминирует созвездие Дева, в апреле — Весы, в мае — Скорпион, в июне — Стрелец, в июле — Козерог, в августе — Водолей, в сентябре — Рыбы, в октябре — Овен, в ноябре — Телец, в декабре — Близнецы, в январе — Рак, в феврале — Лев.

§ 110. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ЗВЕЗДНОГО ГЛОБУСА. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ ЗВЕЗДНОГО ГЛОБУСА

Звездный глобус (рис. 123) используется для подбора звезд при определении места судна, для определения названия неопознанной звезды или планеты, а также для приближенного решения других астрономических задач. Глобус представляет собой модель небесной сферы, выполненной в виде пустотелого шара 1. На поверхности шара нанесены главнейшие созвездия и входящие в них наиболее яркие звезды до величины 3,4 включительно, а также экватор 4, эклиптика 7, небесные меридианы и параллели. Основные круги разбиты на градусы и оцифрованы.

Через полюсы глобуса пропущена ось, концы которой укреплены в металлическом кольце, изображающем меридиан наблюдателя 3. Вместе с кольцом глобус помещен в деревянный футляр 8. Отверстие футляра окантовано кольцом, разбитым на градусы и румбы 2. Это кольцо изображает истинный горизонт, который делит глобус на надгоризонтную и подгоризонтную части.

Меридиан наблюдателя входит в вырезы, сделанные в кольце истинного горизонта. Около выреза, находящегося у задней стенки футляра, нанесена точка N горизонта, а у передней стенки — точка S. При установке глобуса по широте кольцо меридиана поворачивают в вырезах вместе с глобусом.

Для снятия высот и азимутов светил на глобус надета крестовина вертикалов 5, разделенных через один градус от 0 до 90°. Точка пересечения вертикалов является точкой зенита. Для от-

счета высот светил на дугах вертикалов установлен скользящий индекс — указатель с острием 6. Азимут светил получают в четвертном счете с истинного горизонта.

Точность решения астрономических задач на звездном глобусе составляет 1—2°.

Установка глобуса по широте и местному звездному времени. Перед решением любой задачи глобус должен быть установлен по широте наблюдателя φ и по местному звездному времени S_M . После такой установки находящееся в надгоризонтной части полушария глобуса отобразит положение созвездий, которое может видеть наблюдатель на звездном небе в данный момент и в данной широте.

Установка глобуса по широте выполняется путем поворота кольца меридиана наблюдателя в положение, при котором повышенный полюс оказался бы на высоте $h = \varphi$ над одноименной точкой горизонта. При правильной установке глобуса по широте отсчет на дуге меридиана у линии горизонта должен равняться $90^\circ - \varphi$. Чтобы отличить северный полюс от южного, следует помнить, что вблизи северного полюса мира нанесена Полярная звезда.

Для установки глобуса по местному звездному времени на предполагаемое T_c наблюдений рассчитывают $T_{гр}$. После этого из МАЕ выбирают $S_M(t_M^r)$, округляя его до 0°,5. Вращают уже установленный по широте глобус до тех пор, пока под серединой кольца меридиана наблюдателя не окажется деление дуги экватора с отсчетом, равным S_M .

Подбор звезд для определения места судна. На предполагаемое T_c наблюдений снимают с карты φ_c и λ_c , рассчитывают $T_{гр}$ и выбирают из МАЕ $S_M(t_M^r)$. Устанавливают глобус по φ_c и S_M . Ставят крестовину вертикалов так, чтобы оцифрованный край вертикала проходил через выбранное для наблюдений яркое светило с высотой в пределах от 10 до 70°.

Для быстрого отыскания подобранных светил на звездном небе снимают с глобуса и записывают их горизонтные координаты — высоты h и азимуты A .

Пример 44. 3.III 1976 г., утром, следуя $KK = 220^\circ$ ($\Delta K = -2^\circ$), решили произвести определение места по наблюдениям двух звезд для $\varphi_c = 12^\circ 10' S$ и $\lambda_c =$

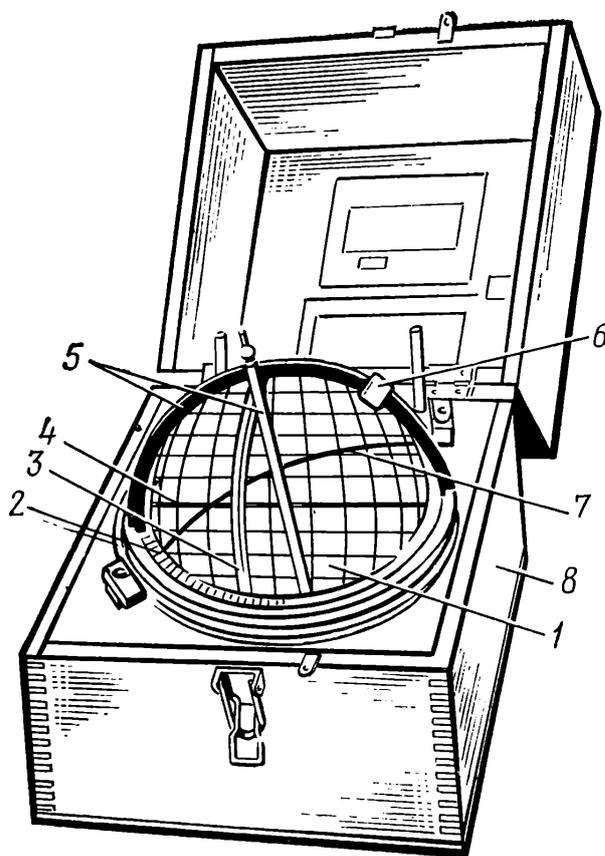


Рис. 123. Звездный глобус

$= 32^{\circ}40'W$. Начало наблюдений в $T_c = 5^h 30^m$. Подобрать две звезды для наблюдений.

Решение.

3.III T_c	$5^h 30^m$	t_T^{γ}	$266^{\circ}11',0$
$+N_W$	2	Δt^{γ}	$7 31,2$
3.III T_{gp}	$7^h 30^m$	t_{gp}^{γ}	$273^{\circ}42',2$
		$-\lambda_W$	$32 40,0$
		t_M^{γ}	$241^{\circ}02',2$
		t_M^{γ}	$241^{\circ},0$

Устанавливаем глобус по $\varphi = 12^{\circ}S$ и $S_M = 241^{\circ},0$. Подобрали две яркие звезды с подходящей разностью азимутов:

α Лира (Вега) $h \approx 28^{\circ}$; $A \approx NO 34^{\circ} = 34^{\circ}$;

α Волопаса (Арктур) $h \approx 49^{\circ}$; $A \approx NW 40^{\circ} = 320^{\circ}$.

Определение названия неопознанной звезды или планеты. Если по какой-либо причине невозможно сразу опознать наблюдаемое светило, делают это при помощи звездного глобуса. Получают отсчет секстана звезды и берут ее компасный пеленг. Одновременно замечают T_c и $ол$ наблюдений. Сняв с карты φ_c и λ_c и получив из МАЕ $S_M(t_M^{\gamma})$ на T_{gp} наблюдений, устанавливают глобус по φ и S_M . Исправляют $KП_*$ в $ИП$, а затем в азимут четвертного счета и устанавливают вертикал по найденному азимуту. Индекс вертикала устанавливают на измеренную высоту $ос$ и находят вблизи его острия наблюдавшуюся звезду. Если под индексом не окажется звезды, то предполагают, что наблюдалась планета. Для проверки этого предположения устанавливают по таблице МАЕ «Видимость планет», какие планеты могут в данное время наблюдаться в районе ближайшего к индексу созвездия.

Пример 45. 15.VII 1976 г. в $T_c = 22^h 28^m$ $\varphi_c = 30^{\circ}18'N$; $\lambda_c = 71^{\circ}51'W$. Наблюдали неизвестное светило и получили $ос_* = 35^{\circ}50'$ и $KП_* = 272^{\circ}$ ($\Delta K = +1^{\circ}$). Определить название светила.

Решение.

15.VII T_c	$22^h 28^m$	t_T^{γ}	$339^{\circ}04',9$
$+N_W$	5	Δt^{γ}	$7 01,1$
16.VII T_{gp}	$03^h 28^m$	t_T^{γ}	$346^{\circ}06',0$
		$-\lambda_W$	$71 51,0$
		t_M^{γ}	$274^{\circ}15',0$
		t_M^{γ}	$274^{\circ},0$

$ИП_* = 273^{\circ} = 87^{\circ}NW$.

В результате произведенного решения установили, что наблюдалась звезда Арктур (α Волопаса).

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И ВЫСОТ СВЕТИЛ СЕКСТАНОМ

§ 111. ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА СЕКСТАНА

Секстан является угломерным инструментом, предназначенным для измерения высот светил, а также горизонтальных и вертикальных углов между береговыми ориентирами. На рис. 124 показан общий вид секстана. Его части смонтированы на раме 1, образованной двумя радиусами и дугой, равной приблизительно $\frac{1}{6}$ окружности. На верхней части дуги, называемой лимбом 2, нанесены деления до 140° влево от нулевого индекса и до 5° вправо. На левом радиусе установлены неподвижно малое зеркало 6 и светофильтры 5 и 7. Половина поверхности малого зеркала прозрачна. В вершине рамы на подвижном радиусе, называемом алидадой 3, укреплено большое зеркало 8. На другом конце алидады укреплен отсчетный барабан 4, разделенный на 60 минутных делений. Труба 9 вставляется в специальную стойку на раме секстана. В комплект секстана входят также регулировочный торцевой ключ, два угольника — диоптра, отвертка и другие предметы для ухода за секстаном.

Принцип измерения углов секстаном основан на следующем (рис. 125). Предметы P и L из глаза наблюдателя O видны под углом h . Требуется измерить этот угол.

Предмет L наблюдатель непосредственно видит через прозрачную половину малого зеркала A . Этот предмет называется прямым. Поворотом алидады большое зеркало B установлено в такое положение, при котором луч света от предмета P , отразившись от большого зеркала, попадает на малое зеркало A , а от него — в глаз наблюдателя O . Изображение предмета P называется дважды отраженным. В результате наблюдатель видит по направлению OAL совмещенными предмет L и дважды отраженное изображение предмета P . Угол между зеркалами, образовавшийся при установке в данное положение зеркала B , обозначен ω .

Углы падения и отражения световых лучей равны, т. е. $\angle 1 = \angle 2$ и $\angle 3 = \angle 4$. Следовательно, равны и их дополнения до 90° , т. е. соответственно равны между собой углы, обозначенные на рис. 125 α , а также углы, обозначенные β .

Установим зависимость между величиной измеряемого угла h и угла между зеркалами ω . Применим теорему о внешнем угле, который равен сумме не смежных с ним внутренних углов.

Из $\triangle ABO$ найдем:

$$2\alpha = 2\beta + h, \quad \text{или} \quad h = 2\alpha - 2\beta = 2(\alpha - \beta).$$

Из $\triangle ABC$:

$$\alpha = \beta + \omega, \quad \text{или} \quad \omega = \alpha - \beta.$$

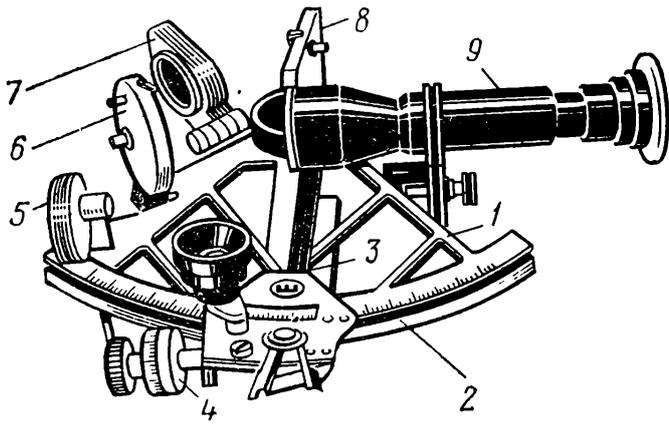


Рис. 124. Общий вид секстана СНО-М

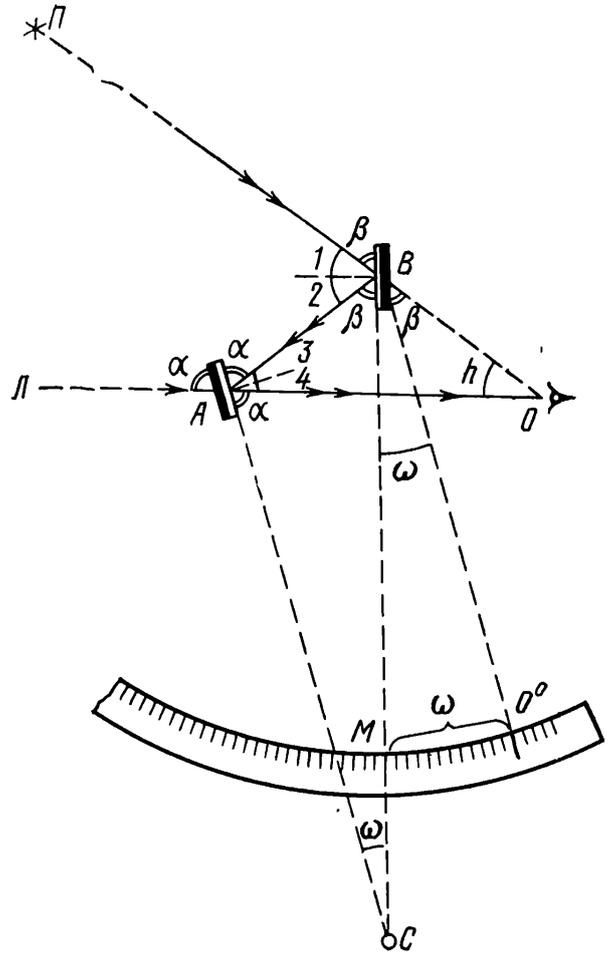


Рис. 125. Принципиальная схема устройства секстана

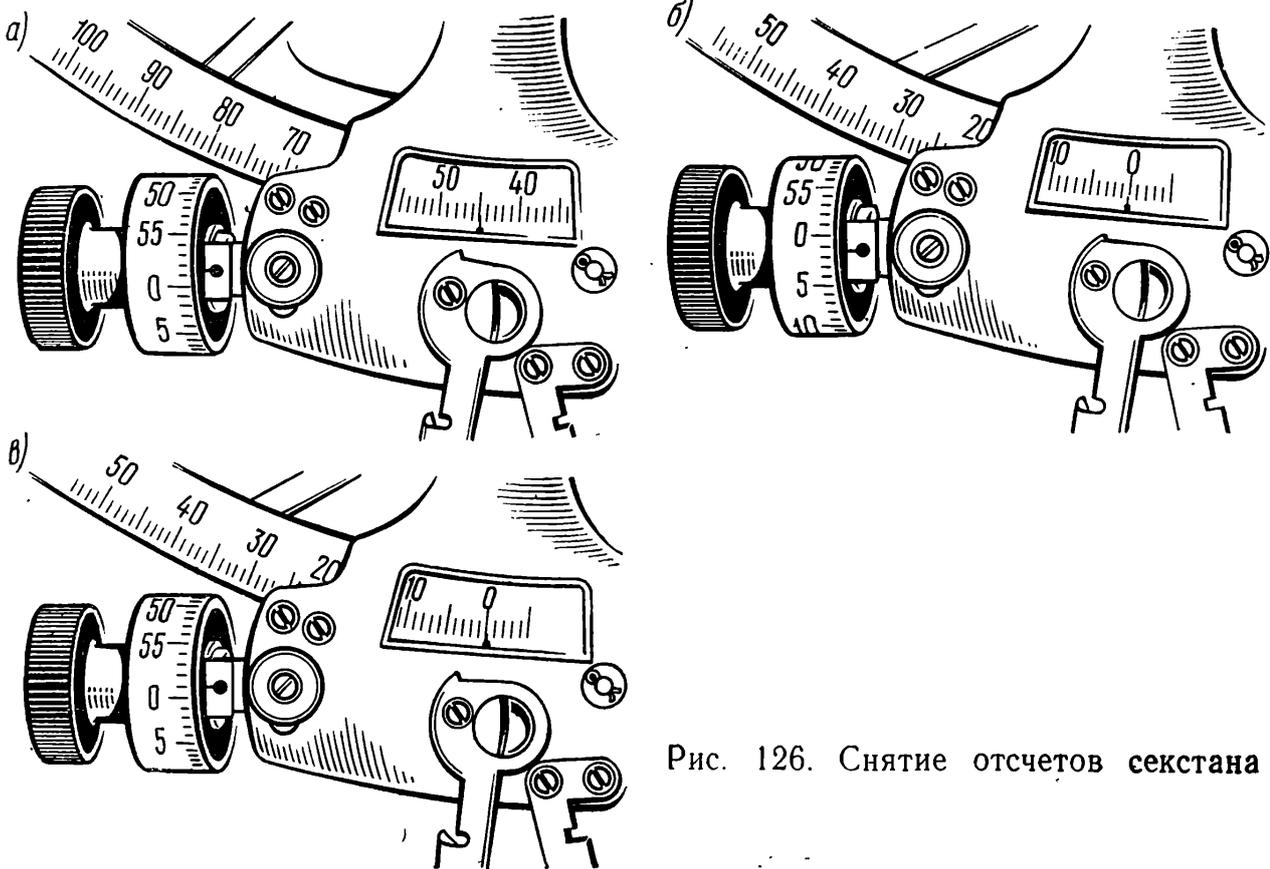


Рис. 126. Снятие отсчетов секстана

щаться относительно нанесенного на лимб отсчета 0° вправо или влево. В результате в показаниях секстана появляется погрешность, величина которой равна дуге $O^\circ M_0$. При измерении высот светил над линией видимого горизонта, расстояние до которого практически бесконечно, эту погрешность называют поправкой индекса i , а отсчет секстана, соответствующий месту нуля, — отсчетом индекса oi^* . Для получения поправки индекса применяют формулу

$$i = 360^\circ - oi. \quad (61)$$

Если место нуля M_0 оказалось правее деления 0° , то отсчеты всех измеренных углов будут меньше их действительных значений на величину дуги $i = O^\circ M_0$. Наоборот, при положении M_0 левее 0° (см. рис. 127) отсчеты измеренных углов будут завышены. Следовательно, поправка индекса i положительна, если индекс алидады при параллельных зеркалах располагается правее деления 0° (см. рис. 126,в), и отрицательна, если левее (см. рис. 126,б).

Определение поправки индекса секстана. Поправка индекса секстана i должна определяться для каждого наблюдения. При измерении высот светил ее определяют по светилу (звезде или Солнцу) или по видимому горизонту. При измерении углов между береговыми ориентирами, расстояние до которых менее 1 мили, i определяют по одному из ориентиров.

Определение i по звезде. Трубу секстана устанавливают на резкость, а алидаду на отсчет 0° . Направив секстан на звезду, вращением барабана совмещают ее прямовидимое S и дважды отраженное S_1 изображения (рис. 128,а). Снимают отсчет индекса oi и определяют i по формуле (61).

Определение i по горизонту. Подготовив секстан так же, как и в предыдущем случае, наводят трубу на видимый горизонт. Прямовидимое и дважды отраженное изображения горизонта будут видны в виде ломаной линии (рис. 128,б). После совмеще-

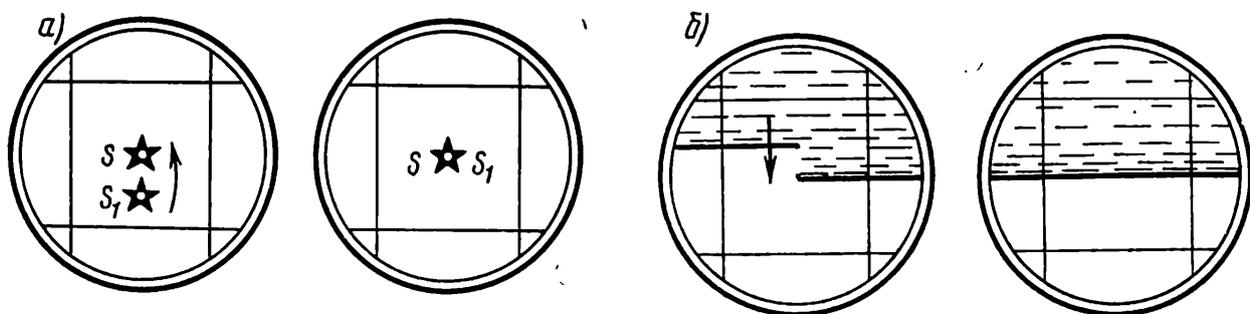


Рис. 128. Определение поправки индекса:
а — по звезде; б — по горизонту

* При измерении углов между близкими предметами, расстояние до которых меньше 1 мили, поправка индекса i включает в себя дугу $O^\circ M_0$ и так называемый угол приведения y .

ния изображений снимают отсчет oi и рассчитывают i по формуле (61).

Определение i по Солнцу (рис. 129). Накладывают светофильтры перед обеими зеркалами секстана, ставят алидаду на отсчет 0° и наводят трубу на Солнце. Добиваются касания краев прямовидимого S и дважды отраженного S_1 изображений Солнца и снимают по лимбу отсчет oc_1 . Вращая барабан, переводят дважды отраженное изображение Солнца в положение S_2 и снимают отсчет oc_2 . Рассчитывают поправку индекса i по формуле

$$i = 360^\circ - \frac{oc_1 + oc_2}{2}. \quad (62)$$

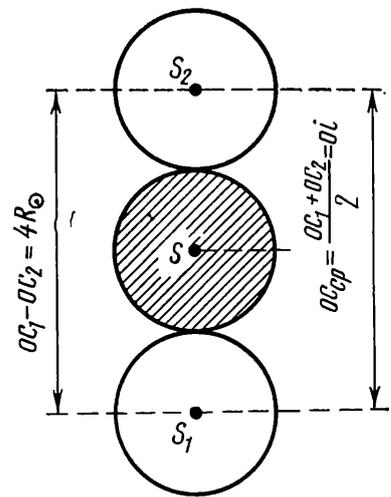


Рис. 129. Определение поправки индекса по Солнцу

Для контроля правильности наблюдений рассчитывают разность $oc_1 - oc_2 = 4R_\odot$, которую сравнивают с выбранным из МАЕ R_\odot , умноженным на четыре. Разность не должна превышать $0',4$.

§ 113. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ПОПРАВКА. ВЫВЕРКА СЕКСТАНА

Возможные погрешности в отсчетах секстана определяют в лаборатории после его изготовления. Обнаруженные погрешности должны компенсироваться так называемой инструментальной поправкой s . Эту поправку выбирают из приведенной в формуляре секстана таблицы «Поправки отсчетов» по измеренной высоте светила. Значение s у новых секстанов обычно не превышает $1-2'$.

Для получения правильных результатов при измерениях углов секстаном необходимо, чтобы визирная ось трубы была параллельна, а плоскости зеркал — перпендикулярны плоскости лимба. На судах периодически выверяют положение трубы и зеркал и, при необходимости, устраняют возникшие нарушения.

Выверка параллельности оси трубы плоскости лимба (рис. 130). Секстан устанавливают горизонтально на неподвижном основании. По краям лимба ставят два диоптра 1 так, чтобы они были параллельны трубе. Выбирают на расстоянии не менее 50 м предмет, направление на который совпадает с линией, проходящей по срезам диоптров. Наблюдают этот предмет в трубу. Если предмет находится на горизонтальной линии, проходящей через центр трубы, то ось трубы параллельна плоскости лимба. Если предмет виден выше или ниже центра трубы, то вращая отверткой верхний 2 и нижний 3 регулировочные винты на стойке трубы, добиваются перевода изображения в центр трубы.

Выверка перпендикулярности большого зеркала плоскости лимба (рис. 131). Алидаду устанавливают на отсчет около 40° ,

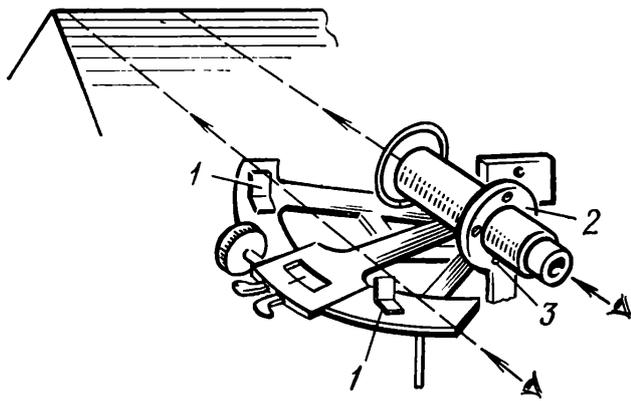


Рис. 130. Выверка параллельности оси трубы плоскости лимба

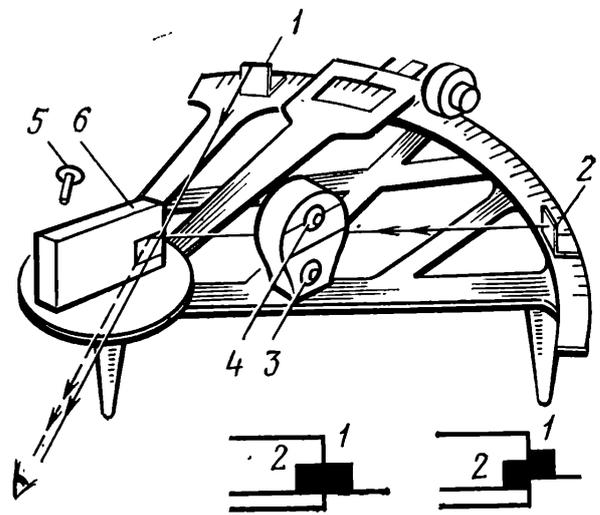


Рис. 131. Выверка перпендикулярности большого зеркала к плоскости лимба

а диоптры — по краям лимба. Смотрят с расстояния 30—40 см под острым углом на правый срез большого зеркала так, чтобы видеть правее его края половину диоптра 1. Передвигая диоптр 2, добиваются, чтобы отраженное изображение его верхнего среза оказалось рядом со срезом диоптра 1. Если большое зеркало перпендикулярно плоскости лимба, то оба среза окажутся на одной линии. Если срезы не лежат на одной линии, то торцевым ключом 5 вращают корректировочный винт 6, пока срезы диоптров не составят прямую линию.

Выверка перпендикулярности малого зеркала плоскости лимба. Устанавливают алидаду приблизительно на отсчет 0° и направляют секстан на какое-либо светило. В трубе будут видны его прямовидимое и дважды отраженное изображения. Вращая барабан, перемещают дважды отраженное изображение в поле зрения трубы по вертикали. Если это изображение пройдет через прямовидимое, то малое зеркало перпендикулярно плоскости лимба. Если же изображения не совпадут, вращением регулировочного винта 4 (см. рис. 131) сводят оба изображения в одну точку.

Уменьшение поправки индекса. Обычно i уменьшают, если ее значение превышает $6'$ ($0^\circ,1$). Устанавливают индекс алидады на 0° , а индекс барабана на $0'$. Наводят трубу на звезду. Вращая при помощи торцевого ключа регулировочный винт 3 (см. рис. 131), совмещают дважды отраженное изображение светила с прямовидимым.

§ 114. ПРИЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТ СЕКСТАНОМ

Перед измерением высот подготавливают секстан к наблюдениям: проводят его выверку, определяют поправку индекса, устанавливают трубу по своему глазу и подбирают, если необходимо, светофильтры.

При измерении высоты в поле зрения трубы секстана нужно совместить светило (или края его диска) с линией видимого горизонта. Это совмещение производят в вертикале светила.

Приведение в поле зрения изображений светила и горизонта может быть выполнено двумя методами. При первом методе устанавливают индекс алидады на 0° и наводят трубу на светило. Передвигая алидаду от себя, опускают одновременно секстан к горизонту так, чтобы дважды отраженное изображение светила оставалось все время в поле зрения трубы. При появлении прямовидимого изображения горизонта приступают к точному визированию высоты.

При втором методе индекс алидады устанавливают на примерный отсчет высоты светила, который может быть получен по звездному глобусу, и наводят трубу на горизонт в вертикале светила. Обнаружив в поле зрения трубы дважды отраженное изображение светила и прямовидимое — горизонта, производят точное визирование высоты.

Точное визирование выполняют покачиванием секстана, при котором светило описывает дугу выпуклостью к линии горизонта. В момент касаний дуги с горизонтом замечают отсчет по хронометру. В зависимости от того, в какой части сферы находится светило, визирование производят по-разному.

Если светило наблюдается на восточной половине сферы, т. е. его высоты возрастают, изображение светила проектируют на воду. Покачивая секстан, ожидают, пока светило вследствие увеличения высоты выйдет из воды и его дуга коснется горизонта в точке вертикала светила.

Если светило наблюдается на западной половине сферы, его изображение проектируют на небо над горизонтом. Вследствие уменьшения высоты описываемые при покачивании секстана дуги приближаются к горизонту. В момент касания дуги к линии горизонта замечают отсчет по хронометру.

При измерении меридиональных или близмеридиональных высот светил, скорость изменения которых мала, добиваются касания светила и горизонта медленным вращением отсчетного барабана.

Глава XXIII

ИСПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ ВЫСОТ СВЕТИЛ

§ 115. ПОПРАВКИ ДЛЯ ИСПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРЕННЫХ ВЫСОТ СВЕТИЛ

Для астрономических вычислений необходимо иметь геоцентрические (истинные) высоты светил h , т. е. высоты, измеренные над истинным горизонтом и приведенные к центру Земли.

Полученный при измерении высоты светила отчет секстана *ос* исправляют поправкой индекса *i* и инструментальной поправкой *s*. В результате этого находят измеренную высоту *h'*, которая, однако, еще не является геоцентрической (истинной) высотой светила. Переход от измеренной высоты к истинной, приведенной к центру Земли, называют исправлением высоты светила. При исправлении высот учитывается ряд поправок.

Наклонение видимого горизонта. Высоты светил измеряют над линией видимого горизонта (см. § 6). Угол *d* между плоскостью истинного горизонта и направлением на видимый горизонт называется наклонением видимого горизонта. Из рис. 5 следует, что для получения высоты светила над истинным горизонтом наклонение горизонта нужно всегда вычитать из измеренной высоты.

Измеренная высота светила, исправленная величиной *d* называется видимой высотой *h_в*:

$$h_{в} = h' - d.$$

Величина *d* зависит от высоты глаза наблюдателя *e*. Для среднего значения коэффициента земной рефракции значение *d* может быть получено из выражения

$$d' = 1,7603 \sqrt{e}.$$

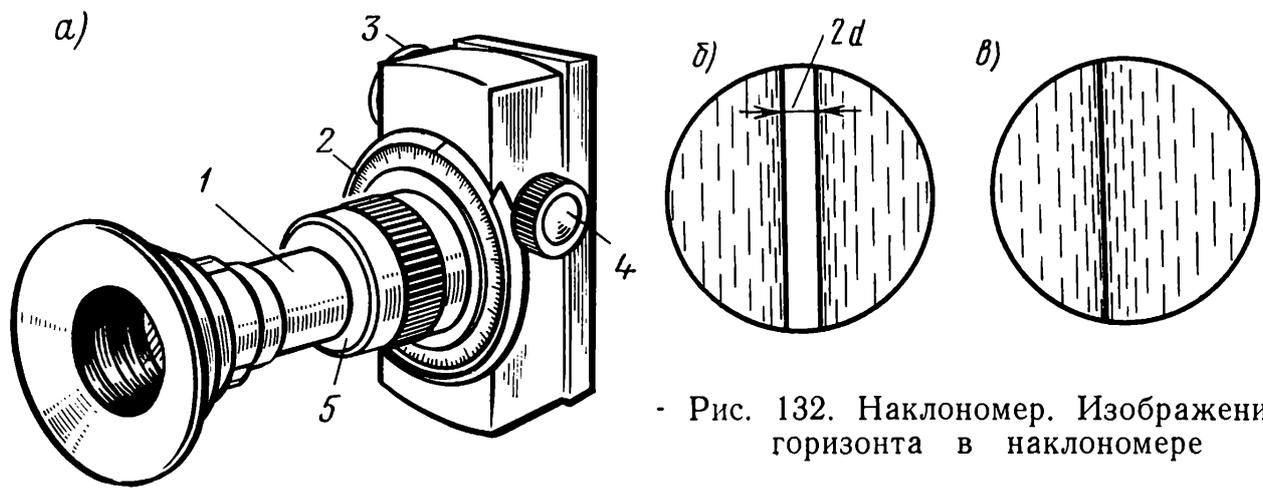
По этой формуле составлена табл. 11-а МТ—75, из которой *d* выбирается по аргументу высоты глаза наблюдателя *e*.

Исследования показали, что на величину наклонения горизонта оказывают влияние состояние атмосферы, температура воды и другие гидрометеорологические условия. Эти факторы влияют на коэффициент земной рефракции, вследствие чего действительное наклонение видимого горизонта, может значительно отличаться от табличного (иногда на 2—3' и более).

Чтобы повысить точность измерения высот светил, рекомендуется определять действительное значение *d* при фактических условиях наблюдений. Эти измерения делают при помощи наклономера.

Наклономером называется специальный угломерный инструмент, с помощью которого значение *d* может быть измерено с точностью до $\pm 0',3$ (рис. 132, а). При измерении *d* зрительную трубу 1 располагают горизонтально у глаза наблюдателя с таким расчетом, чтобы в поле зрения были видны противоположные стороны горизонта (рис. 132, б). Их изображения попадают в зрительную трубу через левый 3 и правый 4 окуляры. Вращая наружное накатное кольцо 5, совмещают оба изображения (рис. 132, в). По шкале наклономера 2 получают отчет *d*.

Астрономическая рефракция. Плотность земной атмосферы уменьшается с высотой. В результате этого идущий от светила луч света распространяется в атмосфере не прямолинейно, а по некоторой кривой линии (рис. 133). По мере приближения к поверхности Земли усиливается преломление светового луча. На-



- Рис. 132. Наклономер. Изображение горизонта в наклонном

блюдатель видит светило по касательной к пришедшему лучу, как бы приподнятым по отношению к истинному положению светила. Рассматриваемое явление преломления лучей называется астрономической рефракцией. Угол ρ между истинным и видимым направлениями на светило также называется астрономической рефракцией.

Астрономическая рефракция увеличивает высоты светил на величину угла ρ . Следовательно, для получения истинной высоты видимая высота h_v должна быть уменьшена на величину астрономической рефракции. Видимая высота, исправленная поправкой за ρ , называется топоцентрической:

$$h_{тц} = h_v - \rho.$$

Величина ρ зависит от высоты светила. Наибольшую рефракцию имеют светила, расположенные у горизонта (в среднем $35'$). Рефракция также зависит от атмосферного давления и температуры воздуха. Значения ρ при среднем состоянии атмосферы ($T = +10^\circ\text{C}$, $B = 760$ мм) включают в общие поправки высот. При других значениях температуры и давления атмосферы в измеренные высоты вводят дополнительные поправки за температуру Δh_T и давление Δh_B . Эти поправки, выбираемые из табл. 14-а и 14-б МТ—75, учитывают только при видимых высотах светил от 0 до 50° .

Параллаксы светил. Приведенные в МАЕ координаты светил отнесены к центру Земли. Поэтому и высоты светил, измеренные из разных точек на поверхности Земли, должны быть приведены

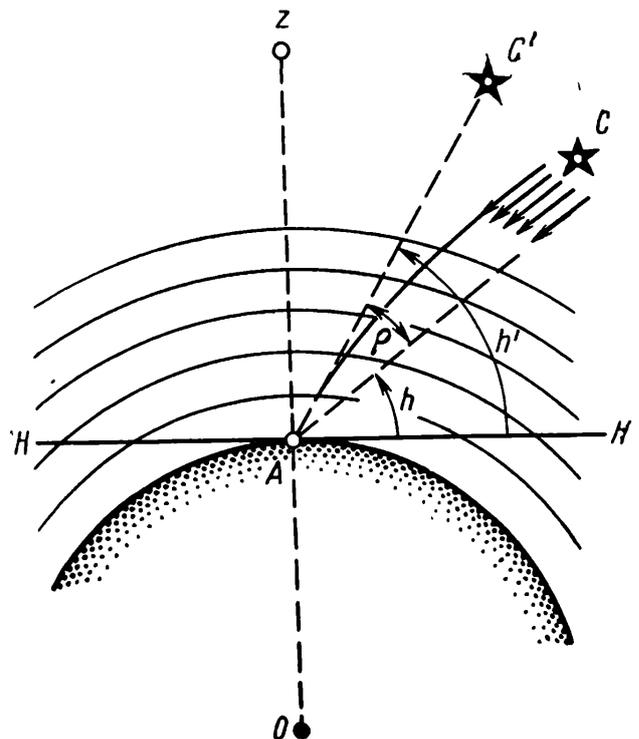


Рис. 133. Астрономическая рефракция

к центру Земли. Для этого в результаты наблюдений вводят поправку за суточный параллакс светила.

Суточным параллаксом называется угол при центре светила, под которым был бы виден со светила радиус Земли для данного наблюдателя.

Наибольший параллакс наблюдается при нахождении светила на горизонте. Значения горизонтального параллакса p_0 приводятся в ежедневных таблицах МАЕ для Луны на $T_{гр} = 0^ч$ каждых суток, а для планет — средние за трехсуточный период. Горизонтальный параллакс Луны колеблется от 53,5 до 61',5. У Солнца p_0 в среднем составляет 0',15, у навигационных планет — не превышает 0,4—0,6. У звезд и дальних планет параллакс практически равен нулю. Значение параллакса у светила, находящегося над горизонтом, может быть определено по формуле

$$p = p_0 \cos h'$$

Для приведения высоты к центру Земли значение параллакса всегда прибавляется:

$$h = h_{гц} + p,$$

где h — геоцентрическая (истинная) высота светила.

Полудиаметры светил. При наблюдениях Солнца и Луны получают высоты верхнего или нижнего края диска светил. Для определения высоты центра светила необходимо учитывать со своим знаком величину его углового радиуса R или полудиаметра. При измерении высоты нижнего края диска светила $h = h_{\odot, \zeta} + R$, при измерении высоты верхнего края $h = h_{\odot, \bar{\zeta}} - R$.

Значения R Солнца и Луны приведены в ежедневных таблицах МАЕ. В среднем $R_{\odot} = 15,8 \div 16',3$ и $R_{\zeta} = 14,7 \div 16',8$.

§ 116. ИСПРАВЛЕНИЕ ВЫСОТ СВЕТИЛ, ИЗМЕРЕННЫХ НАД ЛИНИЕЙ ВИДИМОГО ГОРИЗОНТА

Для получения геоцентрической (истинной) высоты светила необходимо исправить отсчет секстана всеми поправками, рассмотренными в предыдущем параграфе, т. е.

$$h = oc + i + s - d - p \pm R + p + \Delta h_T + \Delta h_B. \quad (63)$$

Значения поправок приведены в МТ—75, а также в таблицах ВАС—58 и ТВА—57. На практике высоты обычно исправляют поправками, выбранными из МТ—75. Для ускорения вычислений некоторые поправки в таблицах МТ—75 объединены.

Исправление высот верхнего или нижнего края Солнца. Формулы для исправления высот нижнего и верхнего края Солнца имеют вид

$$h_{\odot} = oc_{\odot} + i + s - d - \rho + p + R_{cp};$$

$$h_{\odot} = oc_{\bar{\odot}} + i + s - d - \rho + p - R_{cp},$$

где R_{cp} — средний полудиаметр Солнца.

Измеренную высоту верхнего или нижнего края Солнца исправляют предварительно поправкой на наклонение горизонта из табл. 11-а МТ—75.

Значения величин $\Delta h_{\odot} = -\rho + p + R_{\text{ср}}$ или $\Delta h_{\ominus} = -\rho + p - R_{\text{ср}}$ приведены в табл. 8 МТ—75 в виде общих поправок, которые при- даются со своим знаком к видимой высоте верхнего или нижнего края Солнца.

Пример 46. 20.IV 1976 г. измерили высоту нижнего края Солнца и получи- ли $oc = 35^{\circ}28',6$; $i + s = +0',5$; $e = 12$ м; $T = +23^{\circ}\text{C}$; $B = 746$ мм. Определить h_{\ominus} .

Решение.

oc	35°28',6
$i + s$	+0,5
d	-6,1 (табл. 11-а)
$h_{\text{в}\odot}$	35°23',0
Δh_{\ominus}	+14,7 (табл. 8)
Δh_{T}	+0,1 (табл. 14-а)
$\Delta h_{\text{В}}$	0,0 (табл. 14-б)
h_{\ominus}	35°37',8

Исправление высот звезд. Формула для исправления высот звезд имеет вид

$$h_* = oc_* + i + s - d - \rho.$$

Значения отрицательной поправки за рефракцию даны в табл. 9-а МТ—75. Поправка Δh_{ρ} вычитается из $h_{\text{в}*}$.

Пример 47. $oc_* = 53^{\circ}18',9$; $i + s = +0',3$; $e = 4,0$ м. Определить h_* .

Решение.

oc	53°18',9
$i + s$	+0,3
d	-3,5
$h_{\text{в}*}$	53°15',7
Δh_{ρ}	-0,7 (табл. 9-а)
h_*	53°15',0

Исправление высот планет. Высоты планет исправляют по формуле, имеющей вид

$$h_{\text{пл}} = oc_{\text{пл}} + i + s - d - \rho + p_{\text{пл}}.$$

Поправка за рефракцию приведена в табл. 9-а, дополнительная поправка за параллакс Δh_{ρ} выбирается для Венеры и Марса из табл. 9-б МТ—75. В эту таблицу входят с выбранным из МАЕ на дату наблюдений горизонтальным параллаксом p_0 и высотой планеты.

Пример 48. 20.XII 1976 г. измерили выс оту Венеры и получили $oc_{\ominus} = 69^{\circ}17',9$; $i + s = +0',4$; $e = 20$ м. Определить h_{\ominus} .

Решение.	oc	$69^{\circ}17',9$	
	$i + s$	$+0,4$	Из МАЕ
	d	$-7,9$	$p_{0\ominus} = 0',2$
	$h_{в\ominus}$	$69^{\circ}10',4$ (табл. 11-а)	
	Δh_{ρ}	$-0,4$ (табл. 9-а)	
	Δh_{p}	$+0,1$ (табл. 9-б)	
	h_{\ominus}	$69^{\circ}10',1$	

Исправление высот верхнего или нижнего края Луны. Измеренную высоту верхнего или нижнего края Луны исправляют поправкой на наклонение горизонта из табл. 11-а МТ—75. В полученную видимую высоту $h_{в\zeta}$ вводят общую поправку из табл. 10, выбираемую по аргументам $h_{в}$ соответствующего края Луны, и горизонтальный параллакс ρ_0 , выбираемый из МАЕ на дату и $T_{гр}$ наблюдений.

Пример 49. 23.X 1976 г. $T_c = 15^h 06^m$; $\lambda = 89^{\circ}10',00^{st}$; измерили высоту нижнего края Луны и получили $oc = 34^{\circ}30',6$; $i + s = -1',0$; $T = +10^{\circ}C$; $B = 760$ мм; $e = 15$ м. Определить h_{ζ} .

Решение.

$23.X T_c$	$15^h 06^m$	oc	$34^{\circ}30',6$
$-N_{ost}$	6	$i + s$	$-1,0$
		d	$-6,8$ (табл. 11-а)
$23.X T_{гр}$	$09^h 06^m$	$h_{в\zeta}$	$34^{\circ}2',8$
На $T_{гр} = 09^h 06^m$		Δh_{ζ}	$65,9$ (табл. 10)
$\rho_0 \zeta = 61',3$		Δh_T	$0,0$ (табл. 14-а)
		Δh_B	$0,0$ (табл. 14-б)
		h_{ζ}	$35^{\circ}28',7$

Исправление высот можно производить не только общими поправками, помещенными в МТ—75, но и отдельными, значения которых приведены в ВАС—58 и ТВА—57. В этом случае порядок вычислений определяется формулой (63).

Если наклонение видимого горизонта было измерено наклономером, то полученное значение d используют для получения видимой высоты светила.

§ 117. ОШИБКИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВЫСОТ СВЕТИЛ. МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ОШИБОК НАБЛЮДЕНИЙ

В мореходной астрономии преимущественным видом наблюдений является измерение высот светил секстаном. Эти измерения могут содержать ошибки той или иной величины. От точности, с которой были измерены высоты светил, непосредственно зависит точность полученного обсервованного места. Поэтому судоводитель должен уметь оценивать величину ошибок в своих наблюдениях.

Классификация ошибок, возникающих при наблюдениях, была дана в § 46.

Основными причинами появления систематической ошибки в высоте являются ошибки в принятом табличном значении наклона горизонта d и в инструментальной поправке секстана s . На практике величина наклона видимого горизонта почти всегда отличается от тех значений, которые приводятся в пособиях, например в табл. 11-а МТ—75, а инструментальная поправка секстана изменяется с течением времени и часто не соответствует тем ее значениям, которые приводятся в формуляре.

Кроме этих двух причин, источником появления небольшой систематической ошибки в высоте могут быть ошибки в астрономической рефракции, поправке индекса секстана и др.

Принято считать, что величина систематической ошибки Δ в исправленных высотах лежит в пределах от 1 до 3', достигая иногда в полярных морях 7—8'. Если при наблюдениях использовался наклономер, а секстан прошел тщательную проверку, то систематическая ошибка может приниматься в среднем величиной в 0',5.

Судоводитель должен принимать все необходимые меры для исключения систематических ошибок из результатов своих наблюдений. Практически эти меры сводятся к следующему:

правильное обращение и уход за секстаном;

проверка установки зеркал перед наблюдениями;

тщательное определение поправки индекса секстана при каждом наблюдении;

правильные выборка и учет всех табличных поправок при исправлении высот;

измерение, если позволяет обстановка, действительного значения наклона видимого горизонта при помощи наклономера;

систематическое определение поправки хронометра и приведение ее к моменту наблюдений суточным ходом (ошибки в замеченных моментах наблюдений, как и ошибки в высотах, приводят к погрешностям в обсервованных координатах судна);

периодическая переаттестация секстана для получения уточненных значений его инструментальных поправок.

Перечисленные меры, предусматривающие введение поправок к отсчетам секстана, позволяют уменьшить систематические ошибки в высотах, но не всегда устраняют их. Поэтому, если есть возможность, следует применять прием исключения систематических ошибок, заключающийся в соответствующей организации и обработке наблюдений. Применение такого приема возможно, в частности, при определении места судна по наблюдениям трех или четырех звезд.

При любых наблюдениях неизбежно появление случайных ошибок. При астрономических измерениях высот величина этих ошибок определяется главным образом состоянием видимого горизонта, а также искусством наблюдателя. Если горизонт

расплывчатый, то совмещение светила с линией горизонта будет произведено менее точно, чем при четком горизонте.

Для уменьшения случайных ошибок в высотах необходимо выполнять ряд рекомендаций, которые можно свести к следующим:

стремиться получить лучшие условия для наблюдений (подбирать достаточно яркие светила, расположенные над хорошо освещенной частью горизонта);

систематически тренироваться в измерении высот;

добиваться точного совмещения светила или его края с линией видимого горизонта при обязательном покачивании секстана;

совмещение светила с линией горизонта производить в центре трубы;

не ограничиваться одним измерением высоты, а измерять высоту каждого светила три—пять раз с последующим осреднением полученных отсчетов.

Для приближенной оценки точности измерения высот можно руководствоваться приведенными ниже цифрами.

Средняя квадратическая ошибка отдельного измерения высоты навигационным секстаном составляет: для Солнца и Луны $\epsilon_h = \pm 0,4 \div 0,9$, для звезд и планет $\epsilon_h = \pm 0,6 \div 1,2$.

Эти цифры получены для наблюдателя со средним опытом и при хорошем состоянии видимого горизонта.

При производстве наблюдений и последующих вычислений могут возникать промахи, и чаще у штурмана, не имеющего необходимых навыков. Для того чтобы избежать промахов при наблюдениях, никогда не следует ограничиваться измерением одной высоты светила.

Отсутствие промахов в измеренных высотах светил следует контролировать по разностям. Получив серию высот и соответствующих им моментов, рассчитывают разности между соседними $ос$ и $T_{хр}$. При отсутствии промахов в наблюдениях все разности ΔT должны быть пропорциональны разностям Δh , т. е. большим промежуткам времени должны соответствовать и большие разности в отсчетах секстана.

Глава XXIV

РЕШЕНИЕ ПАРАЛЛАКТИЧЕСКОГО ТРЕУГОЛЬНИКА СВЕТИЛА

§ 118. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ СФЕРИЧЕСКОЙ ТРИГОНОМЕТРИИ

Сферическим называется треугольник, образованный на поверхности сферы от пересечения трех дуг больших кругов. Элементами сферического треугольника (рис. 134) являются сферические углы и стороны, которые измеряются в градусной ме-

ре. Решение сферического треугольника заключается в вычислении его неизвестных элементов (углов и сторон) через заданные. Для этого используют методы сферической тригонометрии, причем на практике применяют три основные формулы, связывающие в разных комбинациях какие-либо три известных элемента треугольника с четвертым, искомым. Рассмотрим эти формулы без вывода их.

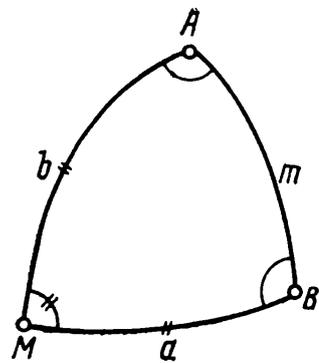


Рис. 134. Косоугольный сферический треугольник

Формула косинуса стороны связывает между собой все три стороны и один из углов сферического треугольника. Для любого сочетания таких четырех элементов установлена зависимость.

Теорема I. Косинус стороны сферического треугольника равен произведению косинусов двух других сторон плюс произведение синусов тех же сторон на косинус угла между ними.

Рассматривая косоугольный сферический треугольник ABM (см. рис. 134), элементами которого являются углы A , B и M и стороны a , b и m , заметим, что для написания формулы, связывающей интересующие нас конкретные элементы — три заданных и один искомым, достаточно запомнить текст теоремы. Например, применительно к стороне a треугольника ABM , руководствуясь теоремой, напишем

$$\cos a = \cos b \cos m + \sin b \sin m \cos A.$$

Формула синусов связывает между собой противоположные элементы треугольника — углы и стороны.

Теорема II. Во всяком сферическом треугольнике синусы сторон относятся как синусы противоположных углов.

Для сферического треугольника ABM (см. рис. 134) можем написать соотношения:

$$\frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\sin A}{\sin B}, \quad \frac{\sin a}{\sin m} = \frac{\sin A}{\sin M}, \quad \frac{\sin b}{\sin m} = \frac{\sin B}{\sin M}.$$

Формула котангенсов связывает между собой четыре элемента сферического треугольника, лежащие рядом. Эти элементы разделяются на крайние (угол и стороны) и средние. Между ними установлена аналитическая зависимость.

Теорема III. Котангенс крайнего угла, умноженный на синус среднего, равен произведению котангенса крайней стороны на синус средней без произведения косинусов средних элементов.

Термины «крайний» и «средний» в отношении элементов треугольника применяются в зависимости от того, как эти элементы расположены в группе из рассматриваемых четырех частей треугольника.

Например, если в сферическом треугольнике ABM (см. рис. 134) устанавливается зависимость между элементами A , m , B и a , то угол A и сторона a являются крайними, а угол B и сторона

m — средними элементами. Для этого случая можем написать формулу

$$\operatorname{ctg} A \sin B = \operatorname{ctg} a \sin m - \cos B \cos m.$$

Всего для треугольника можно написать шесть таких соотношений.

Неизвестные элементы треугольников по приведенным формулам вычисляют при помощи таблиц логарифмов тригонометрических функций (табл. 5-а МТ—75). В таблице даны значения логарифмов $\sin \alpha$, $\cos \alpha$, $\operatorname{tg} \alpha$, $\operatorname{ctg} \alpha$, seca и coseca для углов от 0 до 90° через $1'$. Она используется как для нахождения логарифмов тригонометрической функции, так и для обратной задачи — нахождения угла, соответствующего данному логарифму.

При вычислении элементов сферических треугольников часто возникает необходимость в определении логарифма суммы или разности двух величин, логарифмы которых известны.

Например, даны Iga и Igb , а требуется найти $\operatorname{Ig}(a+b)$ или $\operatorname{Ig}(a-b)$. В этом случае, чтобы не вычислять величин a и b по их логарифмам, пользуются специальными таблицами для сумм и разностей (табл. 3-а и 3-б МТ—75).

Объяснение устройства и правил пользования таблицами дано в МТ—75 в разделе «Объяснения таблиц».

Решение сферического треугольника складывается из ряда операций, выполняемых в определенной последовательности:

выбор подходящих формул, связывающих искомые элементы с заданными;

преобразование выбранных формул с целью выделения неизвестного;

исследование преобразованных формул знаками;

составление схемы вычислений;

вычисление искомых величин.

Методы сферической тригонометрии применяют при решении параллактического треугольника светила.

§ 119. РЕШЕНИЕ ПАРАЛЛАКТИЧЕСКОГО ТРЕУГОЛЬНИКА СВЕТИЛА ПРИ ПОМОЩИ ТАБЛИЦ ЛОГАРИФМОВ

Астрономическое определение места судна или поправки компаса связано с вычислением искомых величин через другие, известные величины, полученные из наблюдений или из специальных пособий. Таким образом, все важнейшие задачи мореходной астрономии требуют решения параллактического треугольника, связывающего между собой географические координаты наблюдателя с горизонтными и экваториальными координатами светила (см. рис. 108).

На практике при астрономическом определении места или поправки компаса чаще всего встречается необходимость в совместном вычислении высоты h и азимута A светила по заданным

элементам φ , δ и t_m или же в раздельном определении A по тем же известным элементам.

Формулы для совместного вычисления h и A светила. Для вычисления h применим формулу косинуса стороны, которую напишем относительно стороны треугольника $ZC=90^\circ-h$ (см. рис. 108):

$$\cos(90^\circ-h) = \cos(90^\circ-\varphi)\cos(90^\circ-\delta) + \sin(90^\circ-\varphi)\sin(90^\circ-\delta)\cos t_m.$$

Произведя упрощение, окончательно получим

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t_m. \quad (64)$$

При исследовании формулы знаками необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. Все функции φ являются положительными, так как φ не может быть больше 90° . Это справедливо как для φ_N , так и для φ_s .

2. Все функции δ , если оно одноименно с φ , также являются положительными, так как в этом случае аргумент лежит в первой четверти.

Если δ разноименно с φ , то аргумент считают лежащим в четвертой четверти (отрицательным), следовательно, $\sin \delta$ будет отрицательным, а $\cos \delta$ — положительным.

3. В формулу всегда подставляется практический часовой угол светила, величина которого лежит в пределах от 0 до 180° . Если t_m оказывается меньше 90° , то $\cos t_m$ считают положительным. Если же t_m будет больше 90° , то аргумент лежит во второй четверти и $\cos t_m$ отрицателен.

В результате исследования устанавливаем знаки I и II членов правой части формулы. При этом оба члена могут быть положительными и тогда применяют табл. 3-а МТ—75; если один член положительный, а другой отрицательный, применяется табл. 3-б МТ—75. В последнем случае lg положительного члена всегда оказывается больше lg отрицательного, так как $\sin h$ должен быть положительным. Найденная в результате вычислений величина h будет находиться в первой четверти, что соответствует расположению светила над горизонтом.

Для вычисления величины A применим формулу синусов, считая при этом, что высота светила h уже известна,

$$\frac{\sin A}{\sin t_m} = \frac{\sin(90^\circ-\delta)}{\sin(90^\circ-h)}.$$

Упростив выражение и выделив искомое, окончательно получим

$$\sin A = \cos \delta \sin t_m \sec h. \quad (65)$$

Формула $\sin A$ не требует исследования знаками, а вычисленный A всегда принимается меньшим 90° , т. е. в четвертном счете.

Определение наименования четверти горизонта производят по следующим правилам.

1. Если δ светила разноименно с φ наблюдателя, то первая буква наименования азимута всегда разноименна с φ .

2. Если δ светила одноименно с φ наблюдателя и $\delta > \varphi$, то первая буква наименования азимута всегда одноименна с φ .

3. Если δ светила одноименно с φ наблюдателя и $\delta < \varphi$, то первая буква наименования азимута будет зависеть от высоты светила:

одноименна с φ , если заданная высота светила h меньше его высоты в момент пересечения первого вертикала h_1 ;

разноименна с φ , если заданная высота светила h больше его высоты в момент пересечения первого вертикала h_1 .

Высота светила на первом вертикале для сравнения ее с заданной h выбирается из табл. 21 МТ—75 по приближенным значениям φ и δ .

Что касается второй буквы наименования четвертного азимута, то она всегда одинакова с наименованием практического часового угла светила.

Рассмотрим последовательность вычислений h и A на примере, используя приведенные выше указания.

Пример 50. Дано $\varphi = 05^\circ 40', 7 N$; $\delta = 26^\circ 20', 5 S$; $t_M = 10^\circ 05', 8 O^{st}$. Вычислить h и A светила.

Решение.

Для получения высоты применим формулу $\sin h$. В этой формуле все функции φ и t_M положительны. Но так как δ светила разноименно с φ , то $\sin \delta$ имеет знак «—», а $\cos \delta$ остается положительным. В результате исследования знаками установили, что I член правой части формулы отрицательный, II — положительный. Вследствие этого при вычислениях применяем таблицу 3-б МТ—75.

$$\sin h = \overset{+}{\sin \varphi} \overset{-}{\sin \delta} + \overset{+}{\cos \varphi} \overset{+}{\cos \delta} \overset{+}{\cos t_M} (-I + II) \beta, \quad \sin A = \cos \delta \sin t_M \sec h.$$

$\varphi = 05^\circ 40', 7 N$:	sin	8.99539	cos	9.99786	sec h	0.25830
$\delta = 26^\circ 20', 5 S$	sin	9.64711	cos	9.95239	cos	9.95239
$t_M = 10^\circ 05', 8 O^{st}$	—		cos	9.99322	sin	9.24381
	I	8.64250	II	9.94347	sin A	9.45450
	$A\Gamma$	1.30097	β	9.97772	A	$16^\circ 32', 7 SO$

$$\sin h = 9.92119 : \\ h = 56^\circ 31', 0$$

Формула для отдельного вычисления A светила. Если известны φ наблюдателя, δ и t_M светила, то азимут светила может быть вычислен из параллактического треугольника по теореме котангенсов. Написав формулу для четырех лежащих рядом элементов треугольника (см. рис. 108), получим

$$\operatorname{ctg} A \sin t_M = \operatorname{ctg} (90^\circ - \delta) \sin (90^\circ - \varphi) - \cos t_M \cos (90^\circ - \varphi).$$

После упрощения выражения и выделения неизвестного имеем

$$\operatorname{ctg} A = \frac{\operatorname{tg} \delta \cos \varphi}{\sin t_M} - \frac{\cos t_M \sin \varphi}{\sin t_M},$$

и окончательно

$$\operatorname{ctg} A = \cos \varphi \operatorname{tg} \delta \operatorname{cosec} t_M - \sin \varphi \operatorname{ctg} t_M. \quad (66)$$

§ 120. РЕШЕНИЕ ПАРАЛЛАКТИЧЕСКОГО ТРЕУГОЛЬНИКА СВЕТИЛА ПРИ ПОМОЩИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТАБЛИЦ

Для облегчения и ускорения вычислений при получении высот и азимутов светил изданы специальные таблицы. Во всех этих пособиях h и A выбирают по аргументам φ , δ и t_M .

Основным пособием на морских судах являются таблицы ВАС—58; кроме того, используются таблицы ТВА—57.

Таблицы «Высоты и азимуты светил» (ВАС—58) относятся к разряду численных, т. е. дающих готовые, заранее вычисленные значения h и A через определенные интервалы аргументов φ , δ и t_M ; интервалы в основном установлены в 1° . Для промежуточных значений φ , δ и t_M к выбранным табличным значениям h_T и A_T необходимо вводить поправки, учитывающие разности $\Delta\varphi$, $\Delta\delta$ и Δt между заданными и табличными значениями широты, склонения и местного часового угла.

При учете всех поправок h выбирается с ошибкой около $\pm 0', 2$, а азимут $\pm 0,1-0', 2$.

Таблицы издаются в четырех томах. Каждый том охватывает широтную зону в 20° . Том I предназначается для широт $0-19^\circ$, том II — $20-39^\circ$, том III — $40-59^\circ$ и том IV — $60-80^\circ$ как северной, так и южной.

Материал в каждом томе расположен в следующем порядке:

таблицы для исправления высот и указания к ним;

устройство таблиц и правила пользования;

основные таблицы: выбираются h_T , A_T , вспомогательный угол q_T и поправка азимута за часовой угол ΔA_t ;

табл. 1 «Поправки высоты и азимута за широту и склонение (Δh_φ , Δh_δ , ΔA_φ и ΔA_δ)»;

табл. 2. «Поправка высоты за часовой угол (Δh_t)»;

табл. 3. «Дополнительная поправка высоты (Δh_d)».

В конце тома приведен список звезд, наблюдения которых можно обрабатывать при помощи этих таблиц.

Выборка h и A по таблицам ВАС—58 производится с использованием типовой схемы (пример 51). На практике выработаны упрощенные схемы записей, позволяющие несколько сократить объем работы при получении h и A . Образцы таких упрощенных схем даны в § 129.

Пример 51. Дано: $\varphi = 42^{\circ}35',9\text{ N}$; $\delta = 19^{\circ}09',5\text{ S}$; $t_M = 52^{\circ}45',9\text{ W}$. Определить h и A светила.

Решение.

Заданные	Табличные	Зад. — табл. (Δ)	Поправки	h_T	A_T	q_T
				$11^{\circ}11',4$	$129^{\circ},7$	143°
$\varphi = 42^{\circ}35',9\text{ N}$	43°	$-24',1$	за φ	$+15',6$	$-0^{\circ},1$	
$\delta = 19^{\circ}09',5\text{ S}$	19	$+9,5$	за δ	$-7,6$	$+0,1$	
$t_M = 52^{\circ}45',9\text{ W}$	53	$-14,1$	за t	$+8,0$	$+0,2$	
Доп.				$0,0$	$\text{N } 129^{\circ},9\text{ W}$	
h				$11^{\circ}27',4$		

Таблицы для вычисления высоты и азимута (ТВА—57). В основу построения этих таблиц положено решение параллактического треугольника светила, разделенного сферическим перпендикуляром на два прямоугольных треугольника.

Материал в таблицах расположен в следующем порядке:

объяснение, в котором, кроме обоснования таблиц, даются правила работы при вычислении h и A , а также при решении некоторых навигационных задач;

вспомогательные таблицы для исправления высот светил;
таблицы для вычисления высоты и азимута (основные).

Представленные в основных таблицах функции $T(\alpha)$ и $S(\alpha)$ даются для углов от 0 до 180° .

Величины $T(\alpha)$ приводятся для интервалов аргументов в $0',1$, что позволяет избежать интерполирования при выборке. Значения функций $S(\alpha)$ для углов от 75 до 104° также даны через $0',1$. Для остальных углов интервалы для выборки $S(\alpha)$ составляют $1'$. Однако малые табличные разности позволяют легко интерполировать $S(\alpha)$ на десятые доли минуты в уме.

Вычисление h и A производят по схеме.

Пример 52. Дано: $\varphi = 25^{\circ}21',5\text{ N}$; $\delta = 07^{\circ}09',3\text{ N}$; $t_M = 51^{\circ}56',7\text{ W}$. Определить h и A .

Решение.

δ	$07^{\circ}09',3\text{ N}$	$T(\delta)$	52700	$T(t)$	72852		
t_M	$51\ 56,7\text{ W}$	$+S(t)$	4202	$S(x)$	177		
x	$11^{\circ}30',6\text{ N}$	$T(x)$	56902	$+T(p)$	72675	$T(y)$	82888
φ	$25\ 21,5\text{ N}$			$+S(y)$	12419	$S(A)$	14525
$y = 90^{\circ} + (x \sim \varphi)$	$103^{\circ}50',9$			$T(A)$	85094	$T(h)$	68363
A	$79^{\circ}10',4\text{ SW} = 259^{\circ},2$						
h	$37^{\circ}18',2$						

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ КОМПАСА
ПО НЕБЕСНЫМ СВЕТИЛАМ

§ 121. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ
ОБ АСТРОНОМИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОПРАВКИ КОМПАСА.
НАИВЫГОДНЕЙШИЕ УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЙ

Определение поправки компаса в море является одной из важнейших задач в судовождении. Как известно, поправки судовых компасов определяют по береговым створам. В открытом море это возможно делать только по небесным светилам, т. е. астрономическими методами. В прибрежном плавании, когда нет возможности воспользоваться специальными створами, определение поправки компаса также следует делать астрономическим путем, так как точность определения ΔK при единичном пересечении створа оказывается недостаточной.

Из курса навигации известно, что величина и знак поправки компаса определяются как разность истинного и компасного направлений на какой-либо ориентир: $\Delta K = ИП - КП$.

Истинный пеленг светила представляет собой его азимут, выраженный в круговом счете. Таким образом, в астрономии ΔK получают сравнением азимута светила с его пеленгом, взятым по компасу,

$$\Delta K = A - КП. \quad (67)$$

Для получения азимута решают параллактический треугольник светила $F_N Z C$ (рис. 135). Так как при взятии компасного пеленга светила замечают точное гринвичское время, то в параллактическом треугольнике могут считаться известными следующие элементы:

сторона $90^\circ - \varphi_c$, где φ_c снимается с карты по замеченным T_c и $ол$;

сторона $90^\circ - \delta$, где δ выбирается из МАЕ по $T_{гр}$ наблюдений;

угол $t_m = t_{гр} \pm \lambda_{св}^{ос}$, где $t_{гр}$ выбирается из МАЕ по $T_{гр}$ наблюдений, λ_c снимается с карты.

По этим трем известным элементам азимут светила может быть вычислен из треугольника по формуле (66).

Вычисленный по формуле азимут переводят в круговой счет.

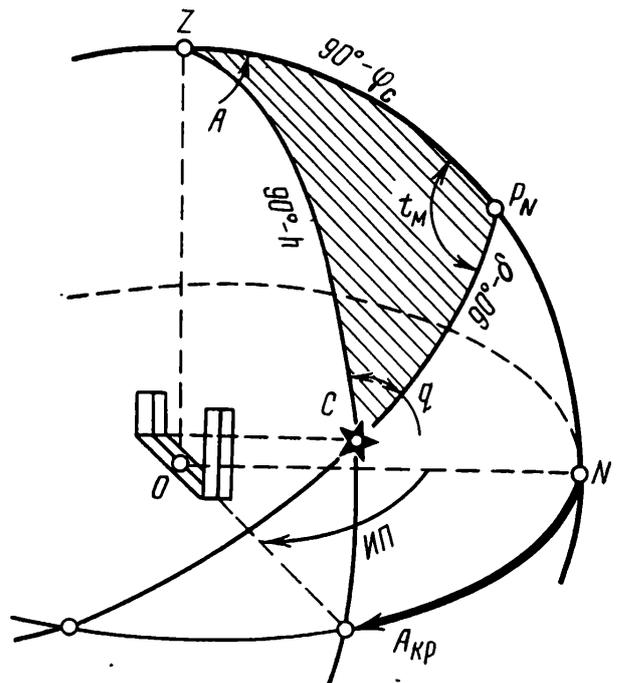


Рис. 135. Вычисление азимута при определении поправки компаса

На практике для получения азимута по трем известным величинам чаще используют специальные таблицы.

Так как при нахождении A принимаются в расчет счислимые координаты судна φ_c и λ_c , в которых могут содержаться значительные погрешности, то и в вычисленном азимуте может возникнуть ошибка. В свою очередь, $KП$ светила содержит в себе систематические и случайные ошибки наблюдений. Следовательно, поправка компаса, вычисленная по формуле (67), будет иметь ошибку большей или меньшей величины. Однако, как показывают исследования, ΔK вычисляется с достаточной для практики точностью, если при ее определении соблюдать некоторые рекомендации.

Так, для уменьшения влияния ошибок в φ_c и λ_c следует подбирать для наблюдений светила с высотой не больше $15\text{--}20^\circ$. Для уменьшения влияния систематических ошибок пеленгования рекомендуется: периодически производить выверку пеленгатора; в момент взятия пеленга удерживать визирную плоскость пеленгатора в вертикале светила, для чего не наклонять котелок компаса руками влево или вправо; подбирать светила с небольшими высотами, при которых возможно их пеленгование без применения откидного зеркала. Для уменьшения случайных ошибок пеленгования рекомендуется как можно точнее совмещать визирную нить предметной мишени со светилом или его центром (при пеленговании Солнца и Луны), отсчеты пеленгов по картушке производить одновременно с наведением визирной нити на светило, не ограничиваться единичным наблюдением, а брать три—пять отсчетов пеленгов с последующим их осреднением.

Необходимо помнить, что наблюдения при определении ΔK нельзя выполнять во время циркуляции, а также в течение некоторого времени после ее завершения.

§ 122. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ КОМПАСА ПО ТАБЛИЦАМ ВАС—58

В настоящее время для вычисления азимута при определении поправки компаса применяют таблицы ВАС—58. Кроме того, на флоте распространены таблицы, специально предназначенные для получения азимута. К их числу относятся Таблицы истинных пеленгов светил (ТИПС—56). При получении азимутов в некоторых частных случаях, например азимутов восхода и захода Солнца и азимутов Полярной, также применяются специальные таблицы.

При определении поправки компаса с применением таблиц ВАС—58 можно наблюдать Солнце, Луну, планеты, а также наиболее яркие навигационные звезды (список их приводится в таблицах).

Подготовку к наблюдениям, наблюдения и вычисления производят в следующем порядке.

Подготовка к наблюдениям. Подобрать светило для наблюдений.

Наблюдения. 1. В быстрой последовательности взять три — пять пеленгов светила, замечая момент по хронометру с точностью до 5 с.

2. Заметить судовое время, *ол* и *КК* судна.

Вычисления. 1. По замеченным T_c и *ол* снять с карты φ_c и λ_c с точностью до $1'$.

2. Вычислить среднее арифметическое из взятых пеленгов $KП_{ср}$ и замеченных моментов хронометра $T_{хрср}$. Если по компасу наблюдался *ОКП* светила, то перевести его в *КП* ($KП = ОКП \pm \pm 180^\circ$).

3. По T_c и номеру часового пояса получить приближенное гринвичское время и гринвичскую дату.

4. По моменту хронометра $T_{хрср}$ и его поправке $u_{хр}$ вычислить гринвичское время наблюдений $T_{гр}$.

5. Вычислить с помощью МАЕ местный практический часовой угол t_m и склонение δ светила.

6. По таблицам ВАС—58 вычислить азимут светила.

7. Получить поправку компаса по формуле (67).

В схему для вычислений азимута заносят, как обычно, ближайшие к заданным табличные значения φ_c , δ и t_m и образуют разности. Выбирают из основных таблиц значения A_T , а также непосредственным интерполированием по тем же таблицам получают величины и знаки поправок ΔA_δ и ΔA_t .

Если высота светила меньше 20° , то поправкой азимута за широту ΔA_φ можно пренебречь, так как в этом случае она не превышает $0^\circ,1$. При большей высоте пеленгуемого светила, что на практике применяют редко, из основных таблиц выбирают также значение h_T в целых градусах для определения диапазона h в табл. 1. В нужном диапазоне этой таблицы по аргументам A_T и $\Delta\varphi$ находят поправку ΔA_φ . Знак поправки одинаков со знаком $\Delta\varphi$.

Сложением A_T с найденными поправками ΔA_φ , ΔA_δ и ΔA_t получают искомый азимут светила в полукруговом счете.

Первая буква его наименования всегда одноименна с широтой, а вторая — с практическим часовым углом. Для расчета поправки компаса азимут переводят в круговой счет.

Пример 53. 28.VI 1976 г., Черное море. $T_c = 17^h 20^m$; *ол* = 38,3 м; $\varphi_c = 41^\circ 50' N$; $\lambda_c = 30^\circ 02' O^{st}$; $u_{хр} = -1^m 18^c$; $КК = 262^\circ$, получили средний $ОКП_{\odot} = 96^\circ, 0$; $T_{хрср} = 03^h 19^m 35^c$. Определить ΔK .

Решение.

28.VI	T_c	$17^h 20^m$	t_T^{\odot}	$44^\circ 11', 3(+0', 9)$	δ_T^{\odot}	$23^\circ 15', 2N (-0', 1)$
	$N_{O^{st}}$	2	$\Delta_1 t$	4 33,9	$\Delta \delta$	0,0
28.VI	$T_{гр}$	$15^h 20^m$	$\Delta_2 t$	0,3	δ_{\odot}	$23^\circ 15', 2N$
	$T_{хр}$	$3^h 19^m 35^c$	$t_{гр}^{\odot}$	$48^\circ 45', 5$	δ_{\odot}	$23^\circ, 3N$
	$u_{хр}$	- 1 18	+ $\lambda_{O^{st}}$	30,02,0		
28.VI	$T_{гр}$	$15^h 18^m 17^c$	t_m^{\odot}	$78^\circ 47', 5W$		
			t_{np}	$78^\circ, 8W$		

$$KP_{\odot} = 180^{\circ} + OKP = 180 + 96,0 = 276,0^{\circ}$$

	A_T	$79^{\circ},2$	
$\varphi_c = 42^{\circ} - 10'N$	ΔA_{φ}	$-0,^{\circ}1$	
$\delta = 23^{\circ} + 0^{\circ},3N$	ΔA_{δ}	$-0,3$	$ИП \quad 281^{\circ},1$
$t_M = 79^{\circ} - 0^{\circ},2N$	ΔA_t	$+0,1$	$КП \quad 276,0$
$h_T = 23^{\circ},0$	A	$N78^{\circ},9W$	$\Delta K \quad +5^{\circ},1$
	A	$281^{\circ},1$	

§ 123. ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВКИ КОМПАСА

Определение ΔK в момент видимого восхода или захода Солнца. Заранее вычисленные азимуты верхнего края Солнца в момент его видимого восхода или захода для широт от 0 до 72° и склонений от 0 до 24° приведены в табл. 20-а и 20-б МТ—75. Следовательно, если в момент восхода или захода Солнца взять $KП$ его верхнего края, то поправка компаса может быть получена сравнением выбранного из мореходных таблиц A и полученного по компасу пеленга.

Получение поправки компаса на практике сводится к следующему. С помощью МАЕ рассчитывают предварительно судовое время захода (восхода) Солнца и берут компасный пеленг верхнего края светила в момент его касания линии видимого горизонта.

При пеленговании Солнца замечают время по судовым часам, которое переводят в гринвичское для выборки из МАЕ приближенной величины склонения (с точностью до $0^{\circ},1$) и получения счислимой широты.

Выборку азимута из табл. 20-а и 20-б производят по счислимой широте и склонению Солнца с интерполяцией по обоим аргументам. В табл. 20-а входят при одноименных φ и δ , в табл. 20-б — при разноименных. Азимуты даны в полукруговом счете. В северной широте наименование табличного азимута будет NO при восходе и NW при заходе. В южном полушарии — SO при восходе и SW при заходе. Выбранный азимут переводят в круговой счет.

Пример 54. 26.IX 1976 г., Атлантический океан. $T_c = 18^h 10^m$; $ол = 72,5$ м; $KK = 32^{\circ}$; $e = 4$ м; $\varphi_c = 34^{\circ}16'N$ и $\lambda_c = 23^{\circ}06'W$. В момент видимого захода Солнца $KП = 263^{\circ}$. Определить поправку компаса.

Решение.

26.IX	T_c	$18^h 10^m$	Из МАЕ по $T_{гр}$ захода $\delta_{\odot} \approx 01^{\circ},5'S$ Из табл. 20-б по φ и δ (разноименные)
	$+N_W$	2	
26.IX	$T_{гр}$	$20^h 10^m$	$A_{\odot} = N 91^{\circ},2W$
	A	$268^{\circ},8$	
	$KП$	$263,0$	
	$\Delta МК$	$+5^{\circ},8$	

Так как в табл. 20-а и 20-б МТ—75 значения A даны для высоты глаза наблюдателя 12 м, то при других значениях e полученная рассмотренным способом поправка компаса будет содержать некоторую ошибку.

Определение ΔK по наблюдениям Полярной звезды. При плавании в малых северных широтах удобным объектом для определения поправки компаса является Полярная звезда.

Так как полярное расстояние $\Delta = 90^\circ - \delta$ этой звезды составляет приблизительно $0^\circ,9$, то в суточном движении она описывает вокруг Северного полюса мира параллель, сферический радиус которой очень мал. Вследствие этого азимуты Полярной меняются незначительно и могут находиться в пределах от 0 до $1^\circ,2$ NO или NW.

Значения азимутов звезды заранее вычислены с точностью до $0^\circ,1$ и приведены в таблице «Азимуты Полярной» МАЕ. Аргументами для получения азимута из таблицы служат местный часовой угол точки Овна t_M^r , который выбирается из МАЕ на $T_{гр}$ наблюдений, и счислимая широта. Выбранный из таблицы азимут соответствует NO или NW четверти горизонта. Правило определения наименования четверти приводится внизу таблицы.

Определение поправки компаса по Полярной звезде возможно в широтах от 0 до 15° N при непосредственном пеленговании светила и до $40-50^\circ$ N при пользовании отражательным зеркалом.

Наблюдения состоят в получении трех—пяти компасных пеленгов звезды, взятых в быстрой последовательности. Время наблюдений, вследствие медленного изменения азимута, можно замечать по судовым часам с точностью до 5 мин. Счислимые координаты судна достаточно знать с точностью до 1° .

Вычислив гринвичское время $T_{гр}$ наблюдений, выбирают по нему из МАЕ гринвичское звездное время $S_{гр}$, которое переводят долготой в местное $S_M = t_M^r$.

Выбранный из таблицы по t_M^r и φ_c азимут звезды переводят в круговой счет.

Пример 55. 28.I 1976 г., Индийский океан. В $T_c = 22^h 30^m$; $ол = 75,5$ мили в $\varphi_c = 09^\circ,9N$ и $\lambda_c = 58^\circ,1O^{st}$ измерили средний $ГКП$ Полярной, равный $357^\circ,5$; $ГКК = 12^\circ$. Определить ΔGK .

Решение.

28.I	T_c	$22^h 30^m$	t_T^r	$37^\circ 08'$	$A = 0^\circ,8NW$
	NO^{st}	4	$\Delta_1 t$	7 31	
28.I	$T_{гр}$	$18^h 30^m$	+	$t_{гр}^r$	$44^\circ 39'$
				$\lambda_{O^{st}}$	58 06
				t_M^r	$102^\circ 45'$
				t_M^r	$102^\circ,8$
					$ИП$ $359^\circ,2$
					$-ГКП$ $357,5$
					ΔGK $+1^\circ,7$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА МЕТОДОМ ВЫСОТНЫХ ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 124. КРУГИ РАВНЫХ ВЫСОТ.
НАНЕСЕНИЕ КРУГОВ РАВНЫХ ВЫСОТ НА ГЛОБУС

В мореходной астрономии, так же как и в навигации, наблюдаемое место получают путем нанесения на карту навигационных изолиний или заменяющих их линий положения. Изолиниями в мореходной астрономии являются окружности, носящие название кругов равных высот.

Кругом равной высоты называют малый круг на поверхности Земли, в любой точке которого определенное светило имеет в данный момент одну и ту же высоту.

Если измерить одновременно высоты двух светил и по значениям этих высот нанести на изображение Земли два круга равных высот, то точка пересечения изолиний, ближайшая к счислимой, укажет наблюдаемое место судна. Вместо кругов равных высот на карту могут быть нанесены отрезки прямых линий, касательные к кругам вблизи счислимого места. Такие прямые линии получили название высотных линий положения.

Нанесение кругов равных высот на глобус. Круги равных высот для получения сбервованного места судна наиболее просто можно нанести на глобус. Для обоснования решения этой задачи рассмотрим рис. 136, изображающий земной шар и окружающую его небесную сферу. Дуги qq' на Земле и QQ' на небесной сфере представляют собой земной и небесный экваторы. Дуги $p_n l_0 p_s$ и $P_N L_0 P_S$ являются земным и небесным гринвичскими меридианами.

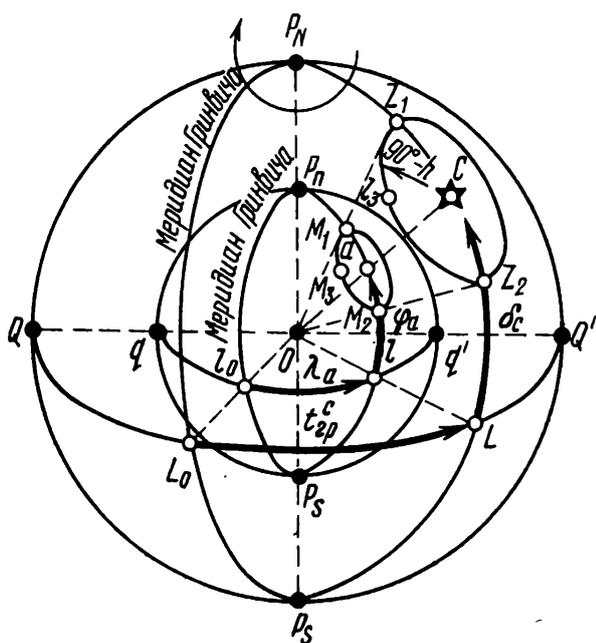


Рис. 136. Нанесение кругов равных высот на сферу

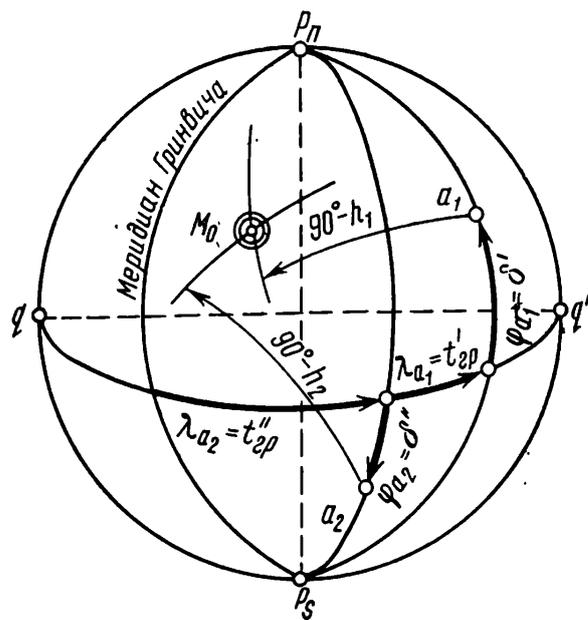


Рис. 137. Нанесение кругов равных высот на глобус

В произвольной точке на сфере изобразим светило C , экваториальные координаты которого в данный момент равны δ_C и $t_{гр}^C$. Соединив точку C с центром Земли, получим на ее поверхности полюс освещения светила a , то есть проекцию светила на поверхность Земли.

Через светило и его полюс освещения a проведем небесный и земной меридианы P_NLP_S и P_nlp_s . Из рис. 136 видим, что $\cup l_a = \cup LC$ и $\cup l_0l = \cup L_0L$, так как они стягивают попарно одни и те же центральные углы. Но так как $\cup l_a$ равна широте φ_a полюса освещения, а $\cup LC$ — есть склонение светила δ_C , то $\varphi_a = \delta_C$. В свою очередь, $\cup l_0l$ равна долготе λ_a полюса освещения, а $\cup L_0L$ измеряет гринвичский часовой угол $t_{гр}^C$ светила. Следовательно, $\lambda_a = t_{гр}^C$. В результате выявлены соотношения между географическими координатами полюса освещения и экваториальными координатами светила:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_a &= \delta_C \\ \lambda_a &= t_{гр}^C \end{aligned} \right\} \quad (68)$$

Предположим теперь, что в какой-то момент гринвичского времени наблюдателем, находящимся в неизвестной для нас точке земной поверхности, измерена высота светила C , оказавшаяся равной h . Из места светила C , как из центра, опишем на небесной сфере малый круг Z_1Z_2 , сферический радиус которого примем равным зенитному расстоянию светила $z = 90^\circ - h$. Очевидно, что зенит любого наблюдателя, усматривающего в данный момент времени светило C на высоте h , должен располагаться на этом круге. Соединив все точки круга Z_1Z_2 с центром Земли, получим на ее поверхности малый круг M_1M_2 с центром в полюсе освещения светила a . Так как этот малый круг является проекцией круга Z_1Z_2 на поверхность Земли, то сферический радиус его также будет равен $z = 90^\circ - h$ и, следовательно, все наблюдатели, расположенные на нем (точки M_1, M_2, M_3), будут иметь одинаковое зенитное расстояние светила C , равное радиусу круга.

Если равны зенитные расстояния, то равны и высоты. Поэтому все наблюдатели, расположенные в данный момент времени на малом круге M_1M_2 , видят светило C на одинаковой высоте h , а сам круг является кругом равной высоты.

Приведенные рассуждения позволяют обосновать метод нанесения кругов равных высот на земной глобус. Подобрав два светила, наблюдатель измеряет их высоты h_1 и h_2 , замечая по хронометру гринвичское время наблюдений. На замеченные моменты наблюдений из МАЕ выбирают гринвичские часовые углы (практические) и склонения наблюдавшихся светил. На основании соотношений (68) δ и $t_{гр}$ светил численно равны географическим координатам их полюсов освещения a_1 и a_2 . Нанеся полюса освещения по координатам на глобус (рис. 137), принимают их за центры, из которых сферическими радиусами $z_1 = 90^\circ - h_1$ и $z_2 = 90^\circ - h_2$, взятыми в масштабе глобуса, описывают в районе счислимой точ-

ки судна отрезки дуг кругов равных высот. Точка пересечения этих дуг представит собой обсервованное место наблюдателя M_0 .

Несмотря на простоту рассмотренного способа получения места судна, он не может быть применен на практике. Действительно, желая получить свое место с точностью до $1'$, т. е. 1 мили, необходимо, чтобы миля изображалась на глобусе отрезком, по крайней мере, в 1 мм. Однако в этом случае глобус должен иметь диаметр около 7 м. Заменить построения на глобусе аналогичными построениями на карте, выполненной в достаточно крупном масштабе, в общем случае также оказывается невозможным. Крупномасштабная морская карта охватывает собой лишь небольшой район земной поверхности, в то время как радиусы кругов равных высот могут даже при сравнительно больших высотах светил достигать тысяч миль. Например, при $h=50^\circ$ величина радиуса $z=40^\circ$, или $40^\circ \times 60' = 2400$ миль. Заметим при этом, что из-за присущих меркаторской проекции искажений круги равных высот изображаются на ней различными по форме и сложными в построении кривыми линиями.

§ 125. НАНЕСЕНИЕ ВЫСОТНЫХ ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ НА МЕРКАТОРСКУЮ КАРТУ ПРОКЛАДКОЙ ОТ СЧИСЛИМОГО МЕСТА

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

В различное время было разработано несколько способов прокладки линий положения непосредственно на карте без нанесения на нее полюсов освещения светил. Наибольшее распространение получил метод построения высотных линий положения, предложенный в 1875 г. французским моряком Сент-Илером. Сущность метода видна из рис. 138, на котором показаны полюс освещения некоторого светила a , счислимое место наблюдателя M_c и два круга равных высот. Один из кругов, обозначенный (h_0) (h_0), соответствует обсервованной, т. е. измеренной, высоте наблюдавшегося светила и описан радиусом $z_0 = 90^\circ - h_0$. Точка K на этом круге, лежащая на кратчайшем расстоянии от M_c , носит название определяющей точки.

На круге (h_0) (h_0) располагается обсервованное место судна. Другой круг, обозначенный (h_c) (h_c), соответствует счислимой высоте того же светила, т. е. высоте, вычисленной по координатам счислимого места M_c . Радиус этого круга $z_c = 90^\circ - h_c$. Угол $\angle NM_c a$ между меридианом счислимого места и направлением на полюс освещения представляет собой счислимый истинный пеленг полюса освещения $ИП_c$. Отрезок $M_c K$, который в судовождении принято называть переносом и обозначать буквой n ,

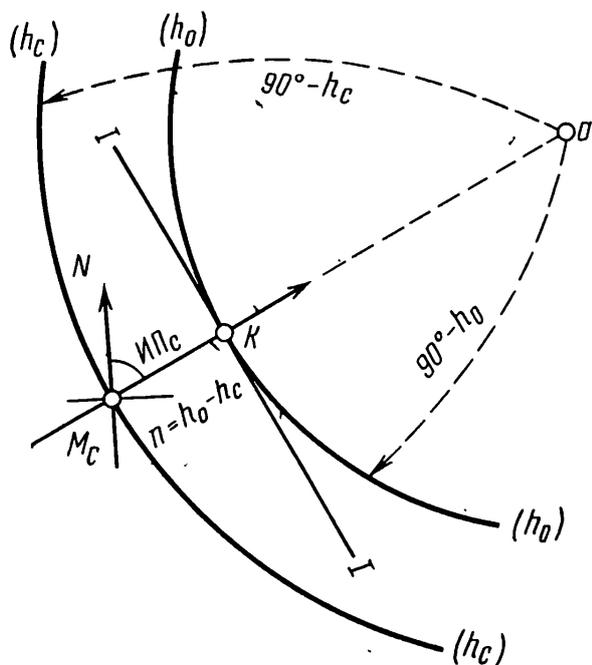


Рис. 138. Объяснение сущности метода прокладки высотных линий положения от счислимого места

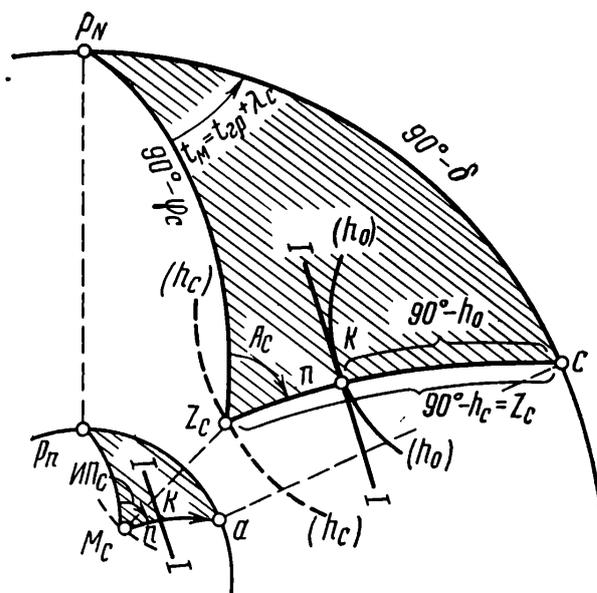


Рис. 139. Счисляемый параллактический треугольник светила

есть расстояние от счислимого места до круга равных высот h_o (h_o). Величина переноса равна разности радиусов кругов или разности обсервованной и счислимой высот светила:

$$n = M_c K = (90^\circ - h_c) - (90^\circ - h_o) = h_o - h_c. \quad (69)$$

Проведя в определяющей точке перпендикуляр к линии $M_c a$, получим отрезок прямой $I-I$, касательный к кругу равных высот. Этот отрезок является высотной линией положения наблюдателя.

Из рис. 138 следует, что для нанесения на меркаторскую карту высотной линии положения $I-I$ необходимо и достаточно знать счисляемый $ИП_c$ полюса освещения a и расстояние $M_c K = n$ по линии пеленга от счислимого места M_c до определяющей точки K . Эти две величины называют элементами высотной линии положения.

Счисляемый пеленг $ИП_c$ на полюс освещения численно равен счислимому азимуту A_c наблюдаемого светила. Поэтому $ИП_c$ может быть получен расчетом A_c из счислимого параллактического треугольника $P_N Z_c C$ (рис. 139). Вершинами этого треугольника являются повышенный полюс мира P_N , место светила C и зенит счислимого места Z_c . Из треугольника $P_N Z_c C$ рассчитывают также значение h_c , необходимой для вычисления переноса n .

Расчет A_c и h_c производят по формулам сферической тригонометрии или с помощью таблиц. При этом известными элементами треугольника являются: сторона $P_N Z_c = 90^\circ - \varphi_c$, где φ_c снимается с карты на момент наблюдения; сторона $P_N C = 90^\circ - \delta$, где δ выбирается из МАЕ по замеченному при наблюдениях $T_{гр}$; угол

$Z_c P_N C$, равный практическому $t_m = t_{гр} \pm \lambda_{cW}^{st}$, где $t_{гр}$ светила также выбирается из МАЕ по $T_{гр}$ наблюдений, а λ_c снимается с карты.

§ 126. ПРОКЛАДКА ВЫСОТНЫХ ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ НА КАРТЕ И ЛИСТЕ БУМАГИ

Счислимое место M_c может располагаться вне круга равных высот (см. рис. 138), внутри круга, а также и на самом круге. В первом случае величина переноса $n = h_o - h_c$ будет положительной, так как радиус счислимого круга больше, чем радиус обсервованного. Определяющая точка K по отношению к счислимому месту располагается в направлении к полюсу освещения. Во втором случае величина переноса n будет отрицательной, так как радиус счислимого круга здесь меньше, чем обсервованного. Определяющая точка K по отношению к M_c будет располагаться уже по направлению от полюса освещения. При расположении счислимого места M_c на круге равных высот перенос будет равен нулю, так как радиусы обоих кругов равны. Точка K будет совпадать с M_c . Таким образом, можно сформулировать практические правила, которыми следует руководствоваться при прокладке высотных линий положения в различных случаях (рис. 140):

провести из счислимого места линии вычисленных азимутов светил, отметив направление к светилам (полюсам освещения) стрелками;

отложить по линии азимутов от счислимой точки переносы $h_o - h_c$ к светилу, если $h_o - h_c > 0$, или от светила, если $h_o - h_c < 0$;

через полученные определяющие точки K перпендикулярно направлениям азимутов провести линии положения. При $h_o - h_c = 0$ линию положения провести перпендикулярно направлению азимута непосредственно через счислимое место;

в точке пересечения линий положения принять обсервованное место.

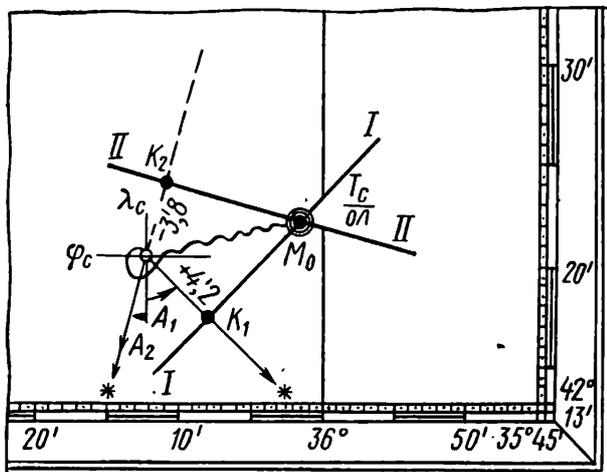


Рис. 140. Прокладка высотных линий положения на карте

Линии положения непосредственно на меркаторской карте прокладывают только в том случае, если карта, по которой ведется счисление, имеет масштаб 1:500 000 и крупнее. При плавании в открытом море, где чаще всего и приходится прибегать к астрономическим методам определения места судна, используют мелкомасштабные генеральные карты. Нанесение на них небольших расстояний, какими обычно являются переносы, оказывается невозможным. В этом случае для

прокладки элементов линий положения следует использовать карты-сетки.

Для получения обсервованного места выбирают подходящую по широте карту-сетку. На линиях меридианов карандашом проставляют долготу, соответствующую району плавания. После этого наносят свое счислимое место и выполняют прокладку, как на обычной карте. Получив обсервованную точку, снимают ее координаты и невязку для занесения в судовой журнал. Обсервованную точку переносят на рабочую карту.

Если на судне нет карты-сетки, прокладку линий положения выполняют в желаемом масштабе на листе бумаги или специальном бланке. Обычно для прокладки на бумаге применяют угловой масштаб (рис. 141).

В нижней части листа проводят горизонтальную линию OA , а к ней под углом, равным φ_c , — наклонную линию OB . На OB откладывают отрезки в 1—2 см, принимаемые за I' боковой рамки карты, т. е. меркаторскую милю. Полученные точки 1, 2, 3... проектируют по вертикали на горизонтальную линию OA и получают на ней соответствующие точки $1', 2', 3', \dots$. Рассматривая заштрихованный прямоугольный треугольник Oba , найдем, что его сторона $Oa = Ob \cos \varphi_c$. Отсюда ясно, что каждое деление горизонтальной линии OA представляет собой одну экваториальную милю. Другими словами, горизонтальная линия OA соответствует нижней или верхней рамкам меркаторской карты.

Произвольную точку на листе бумаги, однако с расчетом наилучшим образом использовать его площадь при дальнейших построениях, принимают за счислимое место судна $M_c(\varphi_c, \lambda_c)$. От этой точки прокладывают линии азимутов (см. рис. 141). Циркулем-измерителем снимают с наклонной линии масштаба переносы и откладывают по линиям азимутов. Проведя через определяющие точки K_1 и K_2 линии положения, получают в их пересечении обсервованное место M_o .

Для вычисления обсервованных координат измеряют циркулем $RШ$ и $РД$ точки M_o относительно счислимого места M_c . Величину $RШ$ получают с наклонной линии масштаба, а $РД$ — с горизонтальной. Теперь

$$\varphi_o = \varphi_c + RШ; \quad \lambda_o = \lambda_c + РД.$$

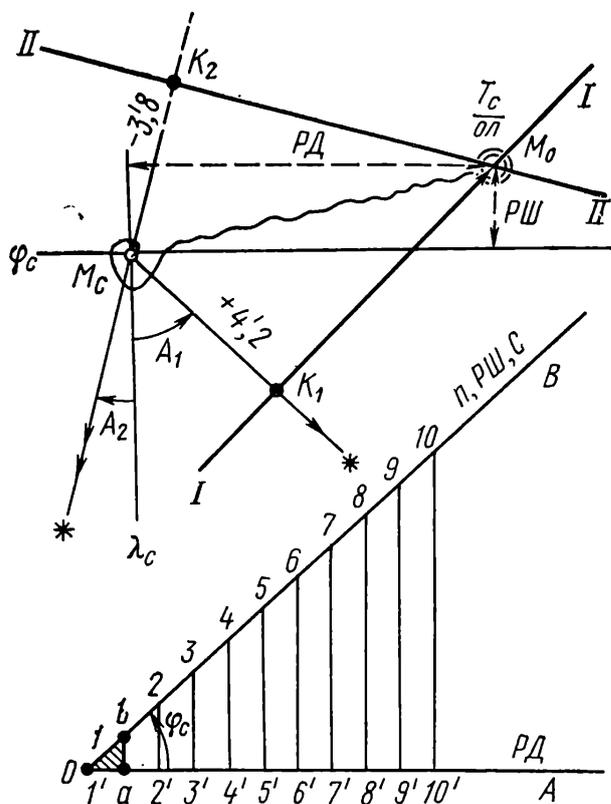


Рис. 141. Прокладка высотных линий положения на карте с использованием углового масштаба

§ 127. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА В СУМЕРКИ ПО ОДНОВРЕМЕННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ ДВУХ СВЕТИЛ

Самое удобное время для наблюдений звезд и планет — период навигационных сумерек, который необходимо рассчитывать заранее для установки звездного глобуса. Вечерние наблюдения следует начинать сразу после захода Солнца, стараясь обнаружить наиболее яркие светила через трубку секстана ранее, чем они будут видны невооруженным глазом. Для этих целей используют координаты светил, полученные при помощи звездного глобуса. Соответственно, утром измерения высот ярких звезд и планет желательно производить ближе к концу навигационных сумерек. Измеренные при этих условиях высоты будут особенно надежными, так как хорошо видна линия горизонта.

В зависимости от обстановки для получения обсервации подбирают две звезды, звезду и планету, две планеты, звезду или планету с Луной. В любом случае светила должны иметь достаточную яркость и приемлемую разность азимутов.

В измеренных высотах неизбежно будут присутствовать случайные и систематические (повторяющиеся) ошибки наблюдений. Исследования показывают, что для уменьшения совместного действия этих ошибок на точность обсервации следует подбирать два светила с разностью азимутов, близкой к $70\text{--}80^\circ$. Если нельзя выполнить это требование, то необходимо, чтобы разность азимутов была, по крайней мере, больше 30° и меньше 90° .

Подбор двух светил для наблюдений можно произвести непосредственно на звездном небе. Для контроля разности азимутов в этом случае используют компас, по которому получают приближенные пеленги светил. Однако целесообразнее заранее подбирать светила по звездному глобусу. Удачно подобранную пару светил можно использовать для получения места в течение нескольких дней плавания.

Приведение высот светил к одному зениту. Обсервованное место судна принимается в пересечении двух линий положения, которые вычисляют по результатам наблюдений каждого из светил. Обязательным условием при этом является соответствие каждой из этих линий одному и тому же положению наблюдателя на поверхности Земли. Другими словами, обсервованные высоты всех наблюдавшихся светил должны измеряться из одной точки.

На практике, чтобы уменьшить влияние случайных ошибок, измеряют три — пять высот каждого светила, замечая одновременно моменты по хронометру. Высоты и моменты осредняют. Между средними моментами измерений проходит определенный промежуток времени, в течение которого судно перемещается. Этот промежуток, в зависимости от опытности судоводителя, числа высот в каждой серии и условий наблюдений, может составить от 5 до 15 мин и более. Поэтому высоты светил необходимо приводить к одному месту наблюдений или, как принято говорить в мореходной астрономии, к одному зениту. Для этого в результаты наблюдений

следует вносить поправку Δh_z , учитывающую изменение высоты за счет перемещения судна.

Обычно все высоты приводят к зениту последних наблюдений. Следовательно, при определении места судна по двум светилам в расчет берется приведенная высота первого светила $h_{пр} = h_1 + \Delta h_z$ и высота второго светила h_2 . Поправка Δh_z рассчитывается по формуле

$$\Delta h_z = S \cos(A - ИК), \quad (70)$$

где S — плавание судна за время между наблюдениями; $A - ИК = Q$ — курсовой угол на светило.

В табл. 16 МТ—75 «Приведение высот к одному зениту» приводятся значения изменения высоты за 1 мин плавания судна Δh_v . Аргументами для входа в табл. 16 служат скорость судна и Q светила правого или левого борта. Знак Δh_v для случая приведения к последующему зениту указывается в таблице. Для получения поправки приведения Δh_z выбранную из табл. 16 поправку Δh_v умножают на промежуток времени между измерениями высот в минутах:

$$\Delta h_z = \Delta h_v (T_2 - T_1). \quad (71)$$

Практическое выполнение определения места. Определение места судна по двум звездам можно выполнять в следующем порядке (сохраняется и в том случае, если вместо звезды используют планету или Луну).

Подготовка к наблюдениям. 1. До наступления сумерек подготовить секстан к ночным наблюдениям, проверить перпендикулярность зеркал к плоскости лимба.

2. Привести поправку хронометра к моменту наблюдений.

3. С наступлением сумерек произвести подбор звезд для наблюдений, если они не были подобраны ранее по звездному глобусу.

Наблюдения. 1. В быстрой последовательности измерить по три высоты каждой звезды, замечая моменты по хронометру или палубным часам.

2. При измерении средней высоты второй звезды заметить судовое время и отсчет лага.

3. Записать $ИК$ и скорость судна. Если высоты не превышают 50° , то замерить и записать температуру и давление воздуха.

4. По одной из звезд определить погрешность индекса секстана до и после наблюдений.

Вычисления. 1. Рассчитать средний отсчет секстана и средний момент хронометра для каждого светила.

2. По замеченным судовому времени и отсчету лага снять с карты счислимые координаты с точностью до $0',1$.

3. Рассчитать приближенное гринвичское время и гринвичскую дату по замеченному судовому времени и номеру часового пояса.

4. По средним моментам хронометра и его поправке получить точное гринвичское время наблюдений каждого светила.

5. С помощью МАЕ по $T_{гр}$ наблюдений и λ_c получить местные практические часовые углы, а также склонения светил.

6. По формулам сферической тригонометрии или с помощью таблиц (ВАС—58, ТВА—57) рассчитать счислимые высоты и азимуты светил.

7. Исправив средние отсчеты секстана всеми поправками, получить обсервованные высоты светил.

8. Первую обсервованную высоту привести к зениту вторых наблюдений.

9. Рассчитать переносы.

Прокладка 1. Произвести прокладку линий положения на карте или бумаге.

Пример 56. 29.III 1976 г. Индийский океан. $T_c = 05^h 10^m$; $ол = 24,1$; $\varphi_c = 09^\circ 23', 0N$; $\lambda_c = 66^\circ 11', 5O^{st}$; $ИК = 128^\circ, 0$; $V = 18$ уз; $e = 5$ м; $i = -2', 4$; $u_{xp} = +1^m 03^c$; $S_1 = +0', 1$; $S_2 = +0', 3$; $t = +15^\circ C$; $B = 765$ мм. Измерили высоту двух звезд: Бенетнаш (η Большой Медведицы)

$ос = 25^\circ 08', 6$	$T_{xp} = 01^h 04^m 30^c$
$ос = 25\ 01, 4$	$T_{xp} = 01\ 05\ 15$
$ос = 24\ 55, 4'$	$T_{xp} = 01\ 05\ 54$
$ос_{ср} = 25^\circ 01', 8$	$T_{xpср} = 01^h 05^m 13^c$

Денеб (α Лебеда)

$ос = 40^\circ 28', 5$	$T_{xp} = 01^h 08^m 20^c$
$ос = 40\ 36, 9$	$T_{xp} = 01\ 10\ 04$
$ос = 40\ 43, 3$	$T_{xp} = 01\ 09\ 18$
$ос_{ср} = 40^\circ 36', 2$	$T_{xpср} = 01^h 09^m 14^c$

Определить обсервованное место судна на момент вторых наблюдений.

Решение.

$$1) \begin{array}{r|l} 29.III & T_c \\ & N_{Ost} \\ \hline & 05^h 10^m \\ & 4 \\ \hline 29.III & T_{гр} \\ & \\ \hline & 01^h 10^m \end{array}$$

2)	Бенетнаш	Денеб
T_{xp}	$01^h 05^m 13^c$	$01^h 09^m 14^c$
u_{xp}	$+ 1\ 03$	$+1\ 03$
$T_{гр}$	$01^h 06^m 16^c$	$01^h 10^m 17^c$
t_T^Y	$201^\circ 33', 8$	$201^\circ 33', 8$
Δt^Y	$1\ 34, 3$	$2\ 34, 7$
$+ t_{гр}^Y$	$203^\circ 08', 1$	$204^\circ 08', 5$
$+ \lambda_{Ost}$	$66\ 11, 5$	$66\ 11, 5$
$+ t_M^Y$	$269^\circ 19', 6$	$270^\circ 20', 0$
τ_*	$153\ 20, 4$	$49\ 50, 7$
t_M^*	$422^\circ 40', 0W$	$320^\circ 10', 7W$
$t_{пп}$	$62\ 40, 0W$	$39\ 49, 3O^{st}$
δ_*	$49^\circ 25', 7N$	$45^\circ 11', 5N$

3) Расчет h_c и A_c звезды Бенетнаш производим с применением таблиц логарифмов

$$\sin h_c = \sin \varphi_c \sin \delta + \cos \varphi_c \cos \delta \cos t_M (+I + II) \alpha.$$

$\varphi_c = 09^\circ 23', 0N$	sin	9.21229	cos	9.99415	sec h_c	0.04181
$\delta = 49^\circ 25', 7N$	sin	9.88058	cos	9.81318	cos	9.81318
$t_M = 62^\circ 40', 0W$	—	—	cos	9.66197	sin	9.94858
	I	9.09287	II	9.46930	sin A	9.80357
	AГ	0.37643	α	0.15238	A	39°30', 5NW

$$\sin^2 h_c = 9,62168 \quad A = 320^\circ, 5$$

$$h_c = 24^\circ 44', 3$$

4) Находим поправку для приведения высоты звезды Бенетнаш к зениту вторых наблюдений.

A	320°, 5	T_2	01 ^h 10 ^m 17 ^c
ИК	128, 0	T_1	01 06 16
КУ	192°, 5 = 167°, 5 л/б	$T_2 - T_1$	4 ^m 01 ^c \approx 4 ^m , 0
	$\Delta h_V = -0', 29$		$\Delta h_Z = (-0', 29) \times 4^M = -1', 2$

5) Расчет h_c и A_c звезды Денеб производим при помощи ТВА—57

δ	45°11', 5N	$T(\delta)$	70783		
t_M	39 49, 3 O st	+S(t)	2293	$-T(t)$	69146
x	52°39', 6N	$T(x)$	73076	$-S(x)$	4343
φ_c	9 23, 0N			$+T(p)$	64803
y	133°16', 6			$+S(y)$	3279
A_c	36°24', 8NO st = 36°, 4			$T(A)$	68082
h_c	40°31', 2			$-S(A)$	1887
				$T(h)$	69361

6) Бенетнаш	Денеб	
oc_{cp}	25°01', 8	40°36', 2
$i + s$	-2, 3	-2, 1
d	-4, 0	-4, 0
h_{B*}	25°55', 5	40°30', 0
Δh_p	-2, 0	-1', 1
Δh_T	0, 0	0, 0
$\Delta h_B'$	0, 0	0, 0
h_0	24°53', 5	40°29', 0
Δh_Z	-1, 2	—
h_{np}	24°52', 3	40 29, 0
h_c	24 44, 3	40 31, 2
n	+8', 0	-2', 2

7) Выполняем прокладку с использованием углового масштаба (рис. 142). С прокладки на $T_c = 05^h 10^m$, $ол = 24,1$ (средний момент вторых наблюдений) получаем $PШ = 3', 5$ к N; $PД = 8', 7$ к W

φ_c	09°23', 0N	λ_c	66°11', 5 O st
PШ	3, 5 к N	PД	8, 7 к W
φ_0	09°26', 5N	λ_0	66°02', 8 O st
	C = 292° - 9', 4		

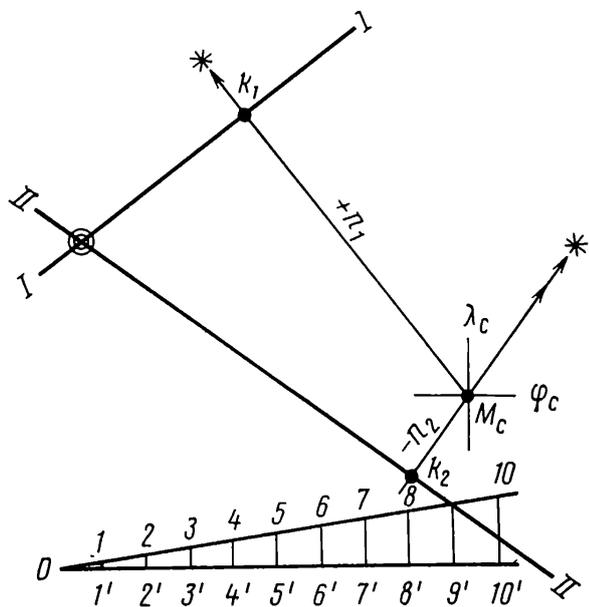


Рис. 142. Пример на определение места судна по двум звездам

Следует помнить, что вследствие случайных и систематических ошибок в переносах проложенные на карте высотные линии могут не соответствовать их действительному положению.

Точные линии положения будут располагаться где-то рядом с проложенными, в пределах некоторой полосы положения. Следовательно, и точное место судна может находиться не в полученной на карте точке, а в пределах некоторой площади, называемой площадью вероятного места судна.

Методы оценки точности obserвованного места судна изучаются в более полных курсах мореходной астрономии.

§ 128. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ОДНОВРЕМЕННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ ТРЕХ И ЧЕТЫРЕХ СВЕТИЛ

Способ определения места судна по одновременным наблюдениям двух светил отличается сравнительной простотой. Однако полученная по двум линиям положения obserвованная точка при наличии систематических ошибок не получается достаточно определенной.

Чтобы получить более точную и надежную obserвацию, необходимо иметь еще одну линию положения, т. е. определить место судна по наблюдениям трех светил. Важным преимуществом такого способа определения является возможность исключить из результатов obserвации систематические ошибки наблюдения. Для этого при подборе звезд по глобусу желательно выполнить требование, заключающееся в том, чтобы разность азимутов между каждой звездой была близка к 120° . Подобранные для наблюдений звезды будут располагаться по всему горизонту, как это показано на рис. 143. По возможности подбирают звезды с близкими по величине высотами (объектом наблюдения могут являться также планеты).

Подготовку к наблюдениям, сами наблюдения, вычисления и прокладку производят в том же порядке, как и при определении места по двум светилам.

Высоты первой и второй звезд обычно приводят к зениту третьих наблюдений. В этом случае судовое время и отсчет лага замечают при взятии средней по порядку высоты третьей звезды.

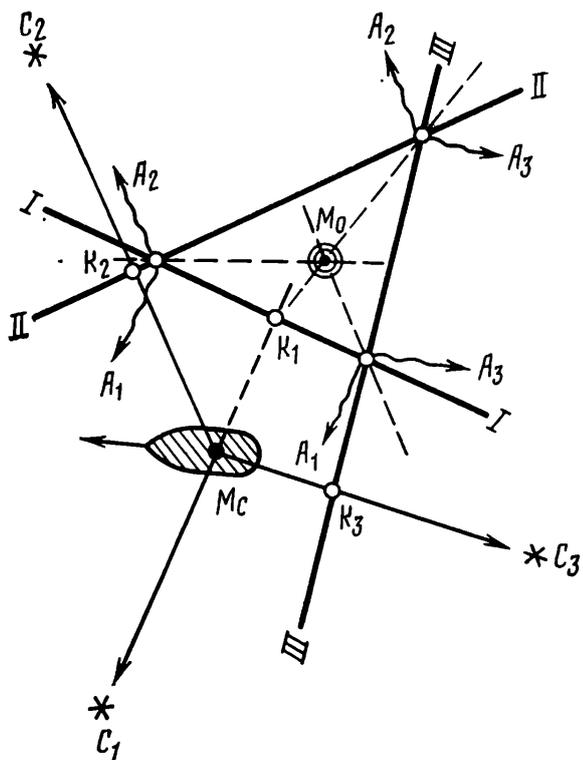


Рис. 143. Нахождение обсервованного места при определении по трем звездам, расположенным по всему горизонту

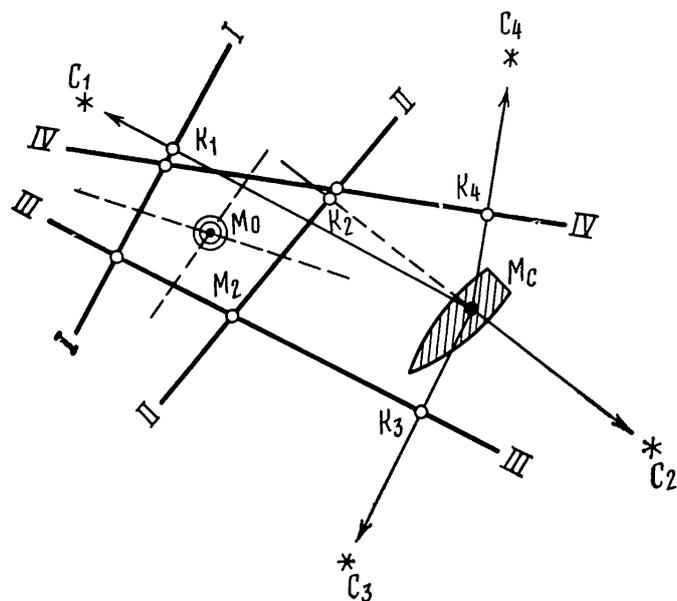


Рис. 144. Нахождение обсервованного места при определении по четырем звездам

Особенности способа определения места по трем светилам проявляются в анализе обсервации.

Так как в полученных трех линиях положения будут присутствовать систематические и случайные ошибки, то при прокладке на карте или бумаге эти линии, как правило, не пересекаются в одной точке. Образованный ими треугольник носит название ложного треугольника или треугольника погрешностей.

Задача судоводителя отыскать наиболее вероятное место судна, т. е. такую обсервованную точку, которая ближе всего располагается к его действительному месту. Теоретические исследования показывают, что если попарные разности азимутов трех светил были равны или близки к 120° , то обсервованное место, свободное от систематических ошибок, может приниматься внутри треугольника, на пересечении его биссектрис (см. рис. 143).

Определение места судна по одновременным наблюдениям четырех светил является наиболее точным и надежным способом, при применении которого также оказывается возможным исключить влияние систематических ошибок высот.

Преимущество этого способа проявляется при условии правильного подбора светил для наблюдений. Звезды должны подбираться по всему горизонту, чтобы разность азимутов между соседними светилами была близкой к 90° (рис. 144). Высоты «противоположных» звезд должны быть по возможности близкими по величине. Подбор звезд делают заблаговременно по звездному глобусу. Объектом наблюдения могут быть также планеты, которые нужно нанести на глобус.

Наблюдения, вычисления и прокладку при определении по четырем светилам выполняют в обычном порядке. Высоты первых трех звезд приводят обычно к зениту четвертых наблюдений. Судовое время и отсчет лага в этом случае записывают при измерении средней по порядку высоты четвертой звезды.

В результате вычислений получают элементы четырех линий положения, которые прокладывают на карте или бумаге.

Под действием случайных и систематических ошибок четыре линии положения, как правило, не пересекаются в одной точке, образуя четырехугольник погрешностей.

При правильном подборе светил, когда четырехугольник погрешностей близок к квадрату, обсервованную точку M_0 принимают в пересечении линий, соединяющих середины противоположных сторон четырехугольника (см. рис. 144).

§ 129. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО РАЗНОВРЕМЕННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ СОЛНЦА

Обоснование метода. Для получения обсервованного места судна необходимо нанести на карту не менее двух линий положения. Однако в светлое время суток штурман чаще всего имеет возможность наблюдать одновременно только одно светило — Солнце. По этой причине для получения обсервации приходится пользоваться методом его разновременных наблюдений. Промежуток времени между двумя наблюдениями определяется необходимостью изменения азимута светила на $40\text{--}60^\circ$. При различных условиях этот промежуток составляет от нескольких минут до 3—4 ч.

Чтобы обосновать метод получения обсервованного места по разновременным наблюдениям Солнца, рассмотрим рис. 145. Предположим, что в момент первых наблюдений счислимое место судна находилось в точке M_{c_1} . Его обсервованное место в этот же момент должно располагаться на линии положения $I—I$, элементы которой A_{c_1} и n_1 были получены по координатам M_{c_1} . Через некоторое время, совершив плавание S , на судне провели вторые наблюдения Солнца и получили линию положения $II—II$. Элементы этой линии A_{c_2} и n_2 были рассчитаны по координатам второй счислимой точки M_{c_2} . Можно утверждать, что в момент вторых наблюдений обсервованное место судна располагалось в одной из точек линии $II—II$.

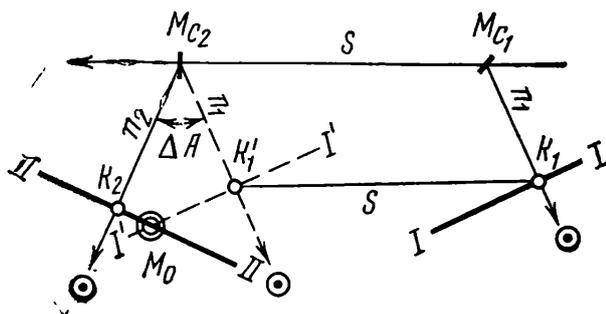


Рис. 145. Получение обсервованного места при разновременных наблюдениях Солнца

Предположим теперь, что при плавании судна в промежутке времени между двумя наблюдениями не было допущено никаких ошибок счисления. Перенесем линию положения $I—I$ по направ-

лению пути судна на величину плавания S . Очевидно, что в момент вторых наблюдений обсервованное место, при условии точного счисления, должно находиться где-то на этой перенесенной линии $I'—I'$. Но так как в этот же момент судно находится на линии положения $II—II$, то точка M_0 на пересечении линий $I'—I'$ и $II—II$ и явится его обсервованным (фактически счислимо-обсервованным) местом.

Перенос линии положения $I—I$ можно производить от любой произвольной взятой на ней точки. Например, как показано на рис. 145, точка K_1 смещена по пути и плаванию в точку K_1' , через которую и проведена линия $I'—I'$, параллельная линии $I—I$. Так как отрезки $M_{с_2} K_1'$ и $M_{с_1} K_1$ равны и параллельны, то точку K_1' можно получить, проложив элементы первой линии $A_{с_1}$ и n_1 непосредственно из второго счислимого места $M_{с_2}$. Это обстоятельство позволяет производить прокладку обеих разновременных линий положения из одной точки $M_{с_2}$ и получать обсервованное место, не делая прокладки линии $I—I$ из первой счислимой точки.

В реальных условиях на точность перенесенной первой линии положения $I'—I'$ будут оказывать влияние не только случайные и систематические ошибки в переносе n_1 , но и ошибки в счислении за время между наблюдениями. Величина этой ошибки, которая войдет в полученную обсервацию, будет тем меньше, чем меньше промежуток времени между наблюдениями, а также чем ближе разность азимутов Солнца к 90° .

Эти требования противоречивы, так как для получения такой разности азимутов необходим достаточно большой промежуток времени. Учитывая это, следует выбирать при определении места наивыгоднейшую разность азимутов. Как показывают исследования, такой разностью и является угол в $40—60^\circ$.

Минимальная величина промежутка времени, необходимого для изменения азимута Солнца на угол в $40—60^\circ$, определяется скоростью изменения азимута светила. В свою очередь, эта скорость зависит от широты, в которой происходит плавание судна, склонения Солнца и времени суток, т. е. времени проведения наблюдений.

Известно, что в высоких широтах скорость изменения азимута Солнца в течение суток почти постоянна. Поэтому момент выхода на первые наблюдения не скажется на промежутке времени между получением первой и второй высотной линий. Следовательно, в высоких широтах первые наблюдения можно выполнять в любой момент после восхода Солнца.

В средних широтах первые наблюдения удобно проводить не раньше чем за 2—3 ч до кульминации Солнца, вторые — не позднее 2—3 ч после кульминации. Эти соображения определяются тем обстоятельством, что скорость изменения азимута вблизи кульминации будет значительно большей, чем после восхода или перед заходом светила. Тем самым удастся сократить промежуток времени между наблюдениями и уменьшить ошибки счисления.

В малых широтах указанная неравномерность изменения азимута Солнца особенно заметна, что требует выполнения обоих наблюдений как можно ближе к моменту кульминации.

Практическое выполнение. При определении места судна по разновременным наблюдениям Солнца можно руководствоваться следующим порядком работы.

Подготовка к наблюдениям. 1. Рассчитать время выхода на первые и вторые наблюдения, что особенно необходимо при плавании в малых и средних широтах.

2. Перед выходом на первые наблюдения подготовить секстан к измерениям высот Солнца, проверить перпендикулярность зеркал плоскости лимба.

3. Определить поправку индекса секстана по Солнцу, применяя контроль.

4. Если возможно, измерить наклонение видимого горизонта наклономером.

5. Привести поправку хронометра к моменту наблюдения.

Наблюдения. 1. Измерить три — пять высот Солнца, замечая при каждом измерении моменты по хронометру.

2. При измерении средней высоты заметить судовое время и отсчет лага.

3. Записать *ИК* судна. Если высота Солнца не превышает 50° , записать температуру и давление воздуха.

Вычисления. 1. По замеченному судовому времени и отсчету лага снять с карты счислимые координаты с точностью до $0',1$.

2. По замеченному судовому времени и номеру часового пояса рассчитать приближенное гринвичское время и гринвичскую дату наблюдений.

3. По среднему моменту хронометра и его поправке получить точное гринвичское время наблюдений.

4. С помощью МАЕ по $T_{гр}$ наблюдений и λ_c получить местный практический часовой угол и склонение Солнца.

5. По формулам сферической тригонометрии или при помощи таблиц ВАС—58, ТВА—57 определить счислимые высоту и азимут светила.

6. Исправив средний отсчет секстана всеми поправками, получить обсервованную высоту Солнца.

7. Рассчитать перенос.

Первую линию положения прокладывают на карте, если есть необходимость в уточнении счисления. В промежутке между первыми и вторыми наблюдениями следует принимать меры к точному учету всех элементов счисления.

Вторые наблюдения выполняют в намеченное время в том же порядке, что и первые. При нахождении счислимой высоты и азимута включают в расчет координаты второй счислимой точки.

Прокладка. Прокладку обеих линий положения на карте или бумаге выполняют из счислимой точки, соответствующей моменту вторых наблюдений. Место судна принимают в пересечении линий.

Пример 57. 18.IV 1976 г., Атлантический океан. В $T_c = 08^h 56^m$; $o_l = 68,8$; $\varphi_{c_1} = 21^\circ 13',3 S$; $\lambda_{c_1} = 38^\circ 41',6 W$ измерили три высоты Солнца; $oc_{cp\odot} = 39^\circ 25',2$; $T_{xpcp} = 11^h 58^m 21^c$; $i + s = +0',8$; $u_{xp} = -03^m 02^c$; $e = 13$ м; $IK = 34^\circ$; $\Delta_d = 0\%$; $T = +10^\circ C$; $B = 760$ мм.

В $T_c = 11^h 10^m$; $o_l = 95,8$; $\varphi_{c_2} = 20^\circ 50',9 S$; $\lambda_{c_2} = 38^\circ 25',4 W$ получили из трех измерений $oc_{cp\odot} = 57^\circ 34',5$; $T_{xpcp} = 02^h 13^m 30^c$; $i + s = +0',6$; $u_{xp} = -03^m 02^c$.

Определить обсервованные координаты на момент вторых наблюдений.

Решение.

1) Обработка первых наблюдений

18.IV T_c	$08^h 56^m$		
+ N_W	3		
18.IV T_{gp}	$11^h 56^m$		
T_{xpcp}	$11^h 58^m 21^c$	$oc_{cp\odot}$	$39^\circ 25',2$
u_{xp}	- 3 02	$i + s$	+ 0,8
T_{gp}	$11^h 55^m 19^c$	d	- 6,4
$t_{T\odot}$	$345^\circ 10',6 (+1',1)$	$h_{B\odot}$	$39^\circ 19',6$
$\Delta_1 t$	13 48,8	Δh_{\odot}	+ 14,8
$\Delta_2 t$	1,0	Δh_T	0,0
$t_{gp\odot}$	$359^\circ 00',4$	Δh_B	0,0
- λ_W	38 41,6	h_0	$39^\circ 34',4$
$t_M\odot$	$320^\circ 18',8 W$	h_c	$39^\circ 26',9$
t_{np}	$39 41,2 O^{st}$	n	+ 7',5
$\delta_T\odot$	$10^\circ 57',2 (+0',9)$		
$\Delta \delta$	+ 0,8		
δ_{\odot}	$10^\circ 58',0 N$		

	I линия	h_T	A_T
		$39^\circ 19',2$	$125^\circ,4$
φ	$21^\circ + 13',3 S$	- 7,8	+ 0,1
δ	$11^\circ - 2',0 N$	+ 1,3	- 0,0
t_M	$48^\circ - 18',8 O^{st}$	+ 14,2	+ 0,2
		0,0	
	$q_T = 129^\circ$	$h_c = 39^\circ 26',9$	$A_c = S125^\circ,7 O^{st}$ $A_c = 54^\circ,3$

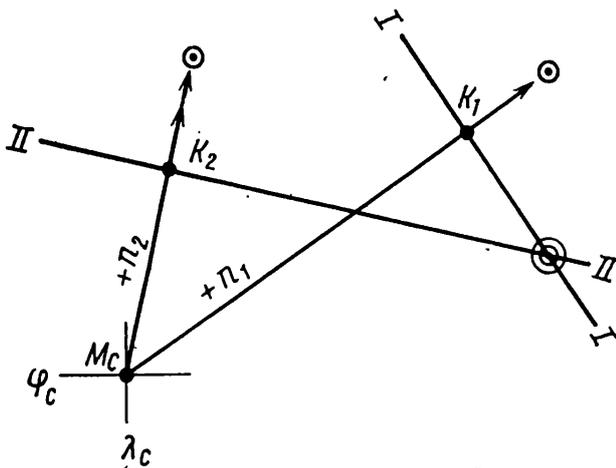
2) Обработка вторых наблюдений

18.IV T_c	$11^h 10^m$
+ N_W	3
18.IV T_{gp}	$14^h 10^m$

$T_{\text{хрсп}}$	$02^{\text{ч}} 13^{\text{м}} 30^{\text{с}}$	$oc_{\text{cp}} \odot$	$57^{\circ} 34', 5$
$u_{\text{хр}}$	$— 3 02$	$i + s$	$+ 0 , 6$
$T_{\text{гр}}$	$14^{\text{ч}} 10^{\text{м}} 28^{\text{с}}$	d	$— 6 , 4$
$t_{\text{т}} \odot$	$30^{\circ} 11', 0 (+1', 1)$	$h_{\text{В}} \odot$	$57^{\circ} 28', 7$
$\Delta_1 t$	$2 36 , 8$	$\Delta h \odot$	$+ 15 , 6$
$\Delta_2 t$	$0, 2$		
$t_{\text{гр}} \odot$	$32^{\circ} 48', 0$	h_0	$57^{\circ} 44', 3$
λ_{W}	$38 25 , 4$	h_c	$57 40 , 6$
t_{M}^{\odot}	$354^{\circ} 22', 6 \text{W}$	n	$+ 3', 7$
$t_{\text{пп}}$	$5 37 , 4 \text{O}^{\text{st}}$		
$\delta_{\text{т}} \odot$	$10^{\circ} 59', 8 \text{N} (+0', 9)$		
δ_{Δ}	$+ 0, 2$		
$\delta \odot$	$11^{\circ} 00', 0 \text{N}$		

	II линия	$h_{\text{т}}$	$A_{\text{т}}$
		$57^{\circ} 27', 7$	$169^{\circ}, 0$
φ	$21^{\circ} - 9', 1 \text{S}$	$+ 8, 9$	$0, 0$
δ	$11^{\circ} + 0', 0 \text{N}$	$+ 0, 0$	$0, 0$
t_{M}	$6^{\circ} - 22', 6 \text{O}^{\text{st}}$	$+ 4, 0$	$+ 0, 7$
		$0, 0$	
	$q_{\text{т}} = 170^{\circ}$		$A_c = S169^{\circ}, 7 \text{O}^{\text{st}}$
		$h_c = 57^{\circ} 40', 6$	$A_c = 10^{\circ}, 3$

Выполняем прокладку с использованием углового масштаба (рис. 146). С прокладки получаем: $PШ = 2', 0$ к N; $PД = 8', 0$ к O^{st} .



φ_{c_2}	$20^{\circ} 50', 9 \text{S}$	λ_{c_2}	$38^{\circ} 25', 4 \text{W}$
$PШ$	$2, 0 \text{к N}$	$PД$	$8, 0 \text{к O}^{\text{st}}$
φ_0	$20^{\circ} 48', 9 \text{S}$	λ_0	$38^{\circ} 17', 4 \text{W}$

$$C = 75^{\circ}, 5 - 7', 8;$$

$$T_c = 11^{\text{ч}} 10^{\text{м}}; \text{ол} = 95, 8.$$

§ 130. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПЕРЕМЕЩЕННОГО МЕСТА ПРИ РАБОТЕ С ТАБЛИЦАМИ ВАС—58

Сущность метода состоит в том, что при расчете h_c и A_c по таблицам ВАС—58 в качестве расчетной точки вместо счислимых координат судна принимают координаты так называемого пе-

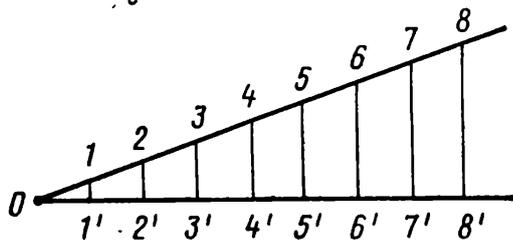


Рис. 146. Пример на определение места по разновременным наблюдениям Солнца

ремещенного места (ПМ). При этом $\varphi_{ПМ}$ берется равной табличной широте, т. е. счислимой, округленной до целого градуса, а $\lambda_{ПМ}$ подбирается так, чтобы в сумме с $t_{гр}$ светила получить табличный t_M , также составляющий целое число градусов. В результате этого число поправок при работе с таблицами ВАС—58 уменьшается до двух.

По $\varphi_{ПМ}$, табличным t_M и δ светила из основных таблиц ВАС—58 выбирают h_T , A_T и q_T , а также определяют знак ΔA_δ . Из табл. 1 по h_T , $\Delta\delta$ и q_T выбирают поправки Δh_δ и ΔA_δ , складывая которые с h_T и A_T , получают h_c и A_c .

Прокладка каждой линии положения производится из своего перемещенного места, причем прокладку ведут на карте или карте-сетке. Недостатком метода является некоторое усложнение прокладки. Кроме того, при замене счислимых координат координатами перемещенных мест обычно возрастают величины переносов, что может вызвать ошибку в обсервованной точке до 0,5 мили.

Порядок расчетов и ведения прокладки при одновременных наблюдениях двух светил рассмотрим на данных примера 56.

Пример 58. 29.III 1976 г. $T_c = 05^h 10^m$; $\varphi_c = 09^\circ 23' N$; $\lambda_c = 66^\circ 11', 5 O^{st}$. Для звезды Бенетнаш имели: $h_{пр} = 24^\circ 52', 3$; $t_M^* = 62^\circ 40', 0 W$; $\delta_* = 49^\circ 25', 7 N$ и для звезды Денеб: $h_o = 40^\circ 29', 0$; $t_M^* = 320^\circ 10', 7 W$; $\delta_* = 45^\circ 11', 5 N$. Определить φ_o и λ_o с применением метода перемещенного места.

Решение. 1. Расчет координат перемещенных мест. Широту обоих перемещенных мест принимаем $\varphi_{ПМ} = 09^\circ 00' N$. Ориентируясь на местные часовые углы звезд, подберем часовые углы и долготы перемещенных мест:

	Бенетнаш		Денеб
t_M^*	$62^\circ 40', 6 W$	t_M^*	$320^\circ 10', 7 W$
$\Delta\lambda$	$+ 20, 0$	$\Delta\lambda$	$- 10, 7$
$t_{ПМ_1}$	$63^\circ 00', 0 W$	$t_{ПМ_2}$	$320^\circ 00', 0 W = 40^\circ O^{st}$
$\lambda_{ПМ_1}$	$66^\circ 31', 5 O^{st}$	$\lambda_{ПМ_2}$	$66^\circ 00', 8 O^{st}$

2. Расчет h_c и A_c светил.

Бенетнаш:

$\varphi_{ПМ}$	$09^\circ N$	h_T	$24^\circ 12', 9$	A_T	$39^\circ, 4$
δ	$49^\circ 30' - 4', 3 N$	Δh_δ	$+ 1', 1$	ΔA_δ	$+ 0^\circ, 1$
$t_{ПМ_1}$	$63^\circ W$	h_c	$24^\circ 14', 0$	A_c	$39^\circ, 5 NW$

$q_T = 105^\circ$

$A_c = 320^\circ, 5$

Денеб:

$\varphi_{ПМ}$	$09^\circ N$	h_T	$40^\circ 12', 7$	A_T	$36^\circ, 5$
δ	$45^\circ + 11', 5 N$	Δh_δ	$- 6', 5$	ΔA_δ	$- 0^\circ, 2$
$t_{ПМ_2}$	$40^\circ O^{st}$	h_c	$40^\circ 06', 2$	A_c	$36^\circ, 3 NO$

$q_T = 124^\circ$

$A_c = 36^\circ, 3$

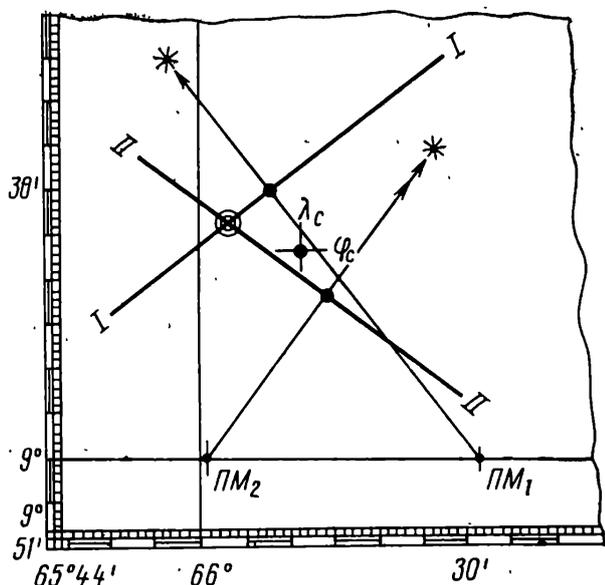


Рис. 147. Применение метода перемещенного места

ординатам которого делают расчет элементов первой линии положения. Перемещенное место $ПМ_1$ наносят на карту.

2. Продолжают вести прокладку от счислимой точки $М_{с1}$. По счислимым координатам при вторых наблюдениях (точка $М_{с2}$) выбирают и наносят на карту второе перемещенное место $ПМ_2$, по координатам которого делают расчет элементов второй линии положения.

3. Первое перемещенное место $ПМ_1$ переносят по курсу и плаванию судна и из полученной точки $ПМ_1'$ прокладывают первую линию положения $I-I$. Вторую линию положения $II-II$ прокладывают из второго перемещенного места $ПМ_2$. В пересечении двух линий положения принимают обсервованное место судна.

3. Расчет переносов:

	Бенетнаш	Денеб
$h_{пр}$	$24^{\circ}52',3$	$40^{\circ}29',0$
h_c	$34\ 14,0$	$40\ 06',2$
n	$+38',3$	$+22',8$

Прокладку проводим по карте-сетке (рис. 147). С прокладки получаем $\varphi_0 = 09^{\circ}26',5N$; $\lambda_0 = 66^{\circ}03',0O^{st}$.

При разновременных наблюдениях Солнца применяют следующий, более сложный по выполнению порядок работы.

1. Ориентируясь на счислимые координаты судна при первых наблюдениях (точка $М_{с1}$), выбирают перемещенное место, по координатам которого делают расчет элементов первой линии положения.

Глава XXVII

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ В МОРЕ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛИ ОБСЕРВОВАННОЙ ШИРОТЫ ВЗАМЕН ВЫСОТНОЙ ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 131. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ ПО МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ВЫСОТЕ СОЛНЦА

Обоснование метода. На рис. 148 изображена небесная сфера для наблюдателя, расположенного в некоторой широте φ_N . На сферу нанесены параллели трех светил: B , D и F , склонения которых имеют самые различные соотношения с широтой наблюдателя. Светило B (рис. 148, а) имеет склонение, одноименное с широтой наблюдателя, причем величина его склонения меньше ши-

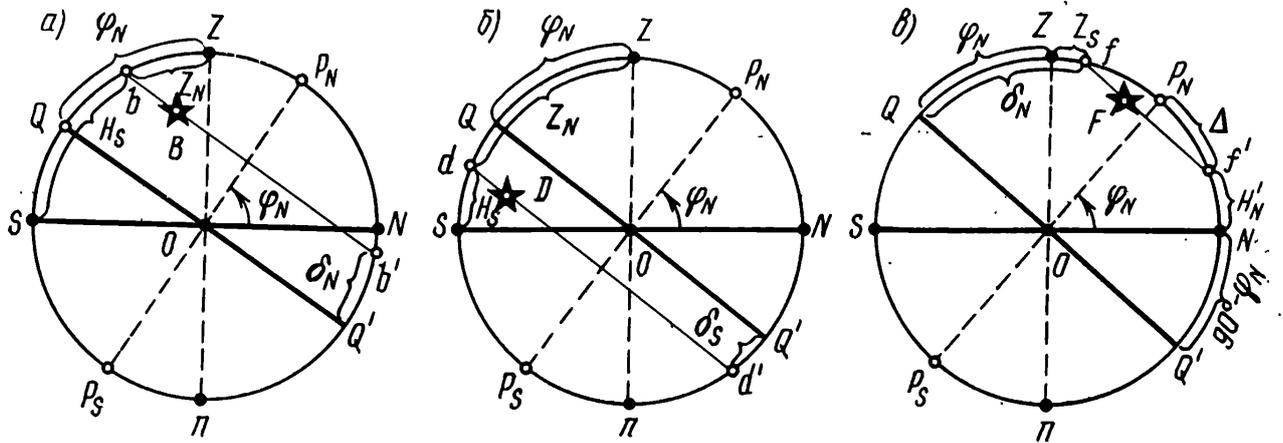


Рис. 148. Вывод формулы для определения φ_0 по меридиональным высотам

роты ($\delta_N < \varphi_N$). Верхняя кульминация светила B располагается в точке b .

Светило D (рис. 148, б) имеет склонение, разноименное с широтой наблюдателя и меньше дополнения широты ($\delta_S < 90^\circ - \varphi_N$). Его верхняя кульминация обозначена точкой d .

Светило F (рис. 148, в) имеет склонение, одноименное с широтой наблюдателя и по величине больше широты ($\delta_N > \varphi_N$). Кроме того, склонение этого светила превышает дополнение широты до 90° ($\delta_N > 90^\circ - \varphi_N$). Следовательно, наблюдатель может видеть как верхнюю (точка f), так и нижнюю (точка f') кульминации светила F .

Предположим, что наблюдателем были измерены меридиональные высоты H всех трех светил в момент их верхней кульминации — точки b , d и f . Меридиональным высотам всегда приписывают наименование N или S , определяемое по точке горизонта, над которой измерялась высота. Дополнение H до 90° , т. е. $Z = 90^\circ - H$, носит название меридионального зенитного расстояния и имеет наименование, обратное H . Если при измерении меридиональных высот заметить моменты гринвичского времени, то из МАЕ можно получить склонения светил.

Установим с помощью рис. 148 соотношения между известными H и δ каждого светила и широтой наблюдателя φ_N .

Для светила B из рис. 148, а получим:

$$\sim QZ = \sim Qb + \sim Zb$$

или, заменяя дуги соответствующими координатами светил с указанием их наименования,

$$\varphi_N = \delta_N + (90^\circ - H_S) = \delta_N + Z_N.$$

Для светила D (см. рис. 148, б) найдем, что

$$\sim QZ = \sim Zd - \sim Qd,$$

или

$$\varphi_N = (90^\circ - H_S) - \delta_S = Z_N - \delta_S.$$

Для светила F (см. рис. 148, в) получим:

$$\sphericalangle QZ = \sphericalangle Qf - \sphericalangle Zf,$$

или

$$\varphi_N = \delta_N - (90^\circ - H_N) = \delta_N - Z_s.$$

Обобщая полученные равенства, напишем формулу, которую применяют для получения широты места по высотам светил, измеренным в момент верхней кульминации,

$$\varphi_0 = Z \pm \delta. \quad (72)$$

Широта равна алгебраической сумме склонения светила и его меридионального зенитного расстояния.

При использовании формулы знак «+» следует брать в том случае, если Z и δ одноименны. Широта в этом случае получает наименование слагаемых величин. Если же Z и δ разноименны, то для получения φ_0 в правой части формулы вычитают из большей величины меньшую; широте приписывают наименование большей величины.

Установим теперь на рис. 148, в соотношение между меридиональной высотой светила F в нижней кульминации (H'_N), склонением этого светила и широтой наблюдателя:

$$\sphericalangle NP_N = \sphericalangle Nf' + \sphericalangle P_Nf',$$

или

$$\varphi_N = H'_N + (90^\circ - \delta_N).$$

Заменив дополнение склонения через полярное расстояние $\Delta = 90^\circ - \delta$, получим формулу для определения широты места по высотам светил, измеренным в момент нижней кульминации,

$$\varphi_0 = H' + \Delta. \quad (73)$$

Нижняя кульминация может наблюдаться только над точкой горизонта, одноименной с широтой наблюдателя, при φ и δ одноименных. Поэтому в формуле всегда следует брать знак «+»:

Широту места в море принято определять только по меридиональным высотам Солнца, хотя в принципе это возможно делать по наблюдениям любого светила. Нижнюю кульминацию Солнца можно наблюдать лишь при плавании в высоких северных или южных широтах, во время полярного дня.

Практическое выполнение определения широты по меридиональным высотам Солнца. Последовательность действий при определении широты по меридиональным высотам рассмотрим для случая, когда Солнце наблюдалось в верхней кульминации; в момент нижней кульминации порядок работы при определении φ_0 аналогичный.

Подготовка к наблюдениям. 1. Снять с карты φ_c и λ_c на предполагаемое T_c кульминации Солнца (или на полдень).

2. Рассчитать с помощью МАЕ T_c кульминации Солнца.

3. Подготовить секстан к дневным наблюдениям.

4. Определить поправку индекса секстана по Солнцу, применяя контроль.

5. Измерить, если возможно, наклонение горизонта.

Наблюдения. 1. За 5—7 мин до рассчитанного момента кульминации Солнца начать измерять и записывать его высоты. После получения двух-трех убывающих отсчетов прекратить наблюдения.

2. Заметить T_c , $ол$ и, если нужно, температуру и давление воздуха.

3. Заметить, над какой точкой горизонта — N или S — измерялись высоты.

Вычисления. 1. По замеченному при наблюдениях T_c рассчитать $T_{гр}$, по которому выбрать из МАЕ склонение Солнца.

2. Наибольший отсчет секстана исправить всеми поправками. Полученную меридиональную высоту перевести в зенитное расстояние, указав его наименование.

3. По формуле (72) получить обсервованную широту судна.

Пример 59. 22.V 1976 г. Атлантический океан. Рассчитали T_c верхней кульминации Солнца, предвычислив на полдень $\lambda_c \approx 65^\circ 55' W$,

В $T_c = 12^h 22^m ол = 52,5$; $\varphi_c = 23^\circ 35', 0N$; $\lambda_c = 65^\circ 57', 3W$, наибольший $oc_{\odot} = 86^\circ 39', 3 к S$; $i + s = -0', 5$; $d = -6', 2$ (получено наклономером); $ИК = 262^\circ$. Определить φ_0 .

Решение.

1. Расчет T_c кульминации

22.V	$T_{к(м)}$	$11^h 57^m$
	$+ \lambda_W$	$4 24$
22.V		$16^h 21^m$
	$- T_{гр}$	4
	N_W	4
		$12^h 21^m$
	T_c	

2.	δ_{\odot}	$20^\circ 29', 8N (+0', 5)$
	$\Delta \delta$	$+ 0, 2$
		$20^\circ 30', 0N$
	δ_{\odot}	

3.	oc_{\odot}	$86^\circ 39', 3 к S$
	$i + s$	$- 0, 5$
	d	$- 6, 2$
		$86^\circ 32', 6S$
	$H_{в\odot}$	$86^\circ 32', 6S$
	Δh_{\odot}	$+ 15, 8$
		$86^\circ 48', 4S$
	H_{\odot}	$86^\circ 48', 4S$
	Z_{\odot}	$3 11, 6N$
	δ_{\odot}	$20 30, 0N$
		$23^\circ 41', 6N$
	φ_0	

§ 132. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ ПО ВЫСОТЕ ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЫ

Обоснование метода. Высота повышенного полюса численно равна географической широте наблюдателя. Поэтому, если бы в точке повышенного полюса располагалась какая-либо звезда, то ее высота, исправленная необходимыми поправками, представила бы собой обсервованную широту судна. Ни в северной, ни в южной половине небесной сферы таких звезд нет. Однако вблизи Северного полюса мира располагается звезда α Малой Медведицы, носящая собственное имя Полярная. Склонение этой звезды составляет величину, большую $89^\circ N$, т. е. ее полярное расстояние меньше 1° . Вследствие этого в суточном движении звезда описывает параллель с небольшим сферическим радиусом $\Delta_* \approx 51'$ (рис. 149). В моменты верхней и нижней кульминации (точки a и a') ее высота отличается от широты наблюдателя на величину Δ_* . Два раза в сутки, когда альмукантарат Полярной проходит через P_N ,

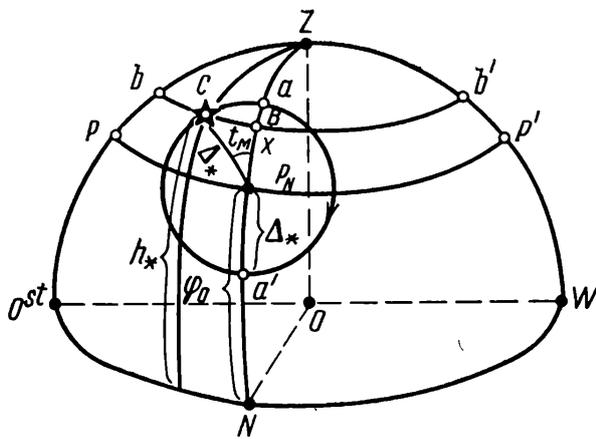


Рис. 149. Определение широты по высоте Полярной звезды

S_M . Значение этой поправки получают из МАЕ, в котором приводится таблица «Широта по высоте Полярной», состоящая из трех частей — таблиц. Из табл. I по аргументу S_M выбирают первую (основную) поправку к высоте Полярной, из табл. II — вторую поправку (аргументы S_M и h_*), из табл. III — третью поправку (аргументы S_M и дата наблюдений).

Окончательно

$$x = I_{\text{попр}} + II_{\text{попр}} + III_{\text{попр}}.$$

Практическое выполнение определения широты по высоте Полярной звезды. Определение широты по высоте Полярной возможно при плавании в широтах от 5N до 75°N, однако практически звезду удобно наблюдать при высотах не более 60—70°.

Наблюдения проводят в вечерние или утренние сумерки, когда горизонт четко обозначен. Последовательность действий при определении φ_0 сводится к следующему.

Подготовка к наблюдениям. 1. Подготовить секстан к ночным наблюдениям и определить поправку индекса по звезде.

Наблюдения. 1. Измерить три — пять высот Полярной, замечая моменты по хронометру.

2. Заметить T_c , ол и, если необходимо, температуру и давление воздуха.

Вычисления. 1. Рассчитать $ос_{ср}$ и $T_{хр\ ср}$.

2. Исправить $ос_{ср}$ всеми поправками, получив h_* .

3. Рассчитать приближенное и точное $T_{гр}$. Выбрать из МАЕ $S_M = t \gamma_m$.

4. Выбрать из МАЕ I, II и III поправки по соответствующим аргументам со своими знаками.

5. Получить обсервованную широту по формуле

$$\varphi_0 = h_* + I_{\text{попр}} + II_{\text{попр}} + III_{\text{попр}}.$$

Пример 60. 1.IX 1976 г., Черное море. $T_c = 19^{\text{ч}} 26^{\text{м}}$; ол = 64,3. Находясь в $\varphi_c = 42^{\circ} 16', 0N$; $\lambda_c = 29^{\circ} 07', 0O^{\text{ст}}$, измерили три высоты Полярной, заметив мо-

разность между φ_0 и h_* обращается в нуль. Во всех других случаях

$$\varphi_0 = h_* \pm x,$$

где x — поправка к высоте Полярной звезды, представляющая собой разность между высотой звезды в какой-либо момент и высотой повышенного полюса.

Величина x зависит от положения звезды на ее параллели, т. е. в конечном счете является функцией местного звездного времени

менты по хронометру: $oc_{cp} = 41^{\circ}54',1$; $T_{xp_{cp}} = 05^h 21^m 32^s$; $u_{xp} = +3^m 47^s$; $i+s = +5',4$; $e = 10,1$ м. $T = +10^{\circ}C$; $B = 760$ мм. Определить φ_0 .

Решение. 1. 1.IX

T_c	19 ^h 26 ^m
$-N_{Ost}$	2
1.IX T_{gp}	17 ^h 26 ^m

2. $T_{xp_{cp}}$	05 ^h 21 ^m 32 ^s
u_{xp}	+ 3 47
T_{gp}	17 ^h 25 ^m 19 ^s

t_T	235 ^o 58',9
Δt	6 20 ,8
+ t_{gp}	242 ^o 19',7
λ_{Ost}	29 07 ,0
t_M	271 ^o 26',7

3. oc_{cp}	41 ^o 54',1
$i+s$	+ 5 ,4
d	- 5 ,6
h_{B*}	41 ^o 53',9
Δh_p	- 1 ,1
h^*	41 ^o 52',8
I	+ 25 ,8
II	+ 0 ,2
III	+ 0 ,5
φ_0	42 ^o 19',3N

133. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛИ ОБСЕРВОВАННОЙ ШИРОТЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА СУДНА

Параллель обсервованной широты как при дневных, так и при сумеречных наблюдениях может быть использована взамен высотной линии положения. При этом достигается выигрыш во времени вычислений, так как трудоемкость получения обсервованной широты по меридиональной высоте Солнца или высоте Полярной значительно меньше, чем расчет элементов линии положения.

Определение места по Солнцу, когда одна из высот меридиональная. В зависимости от времени проведения наблюдений этот прием носит название «утро — полдень» или «полдень — вечер».

Если применяется случай «утро — полдень», то первые наблюдения Солнца выполняют до полудня. По этим наблюдениям рассчитываются элементы линии положения I—I. В полдень измеряют меридиональную высоту Солнца, по которой вычисляют обсервованную широту φ_0 судна. Полученную по утренним наблюдениям линию положения I—I переносят по курсу и плаванию S во вторую счислимую точку M_{c2} , соответствующую судовому времени полуденных наблюдений. В пересечении перенесенной линии поло-

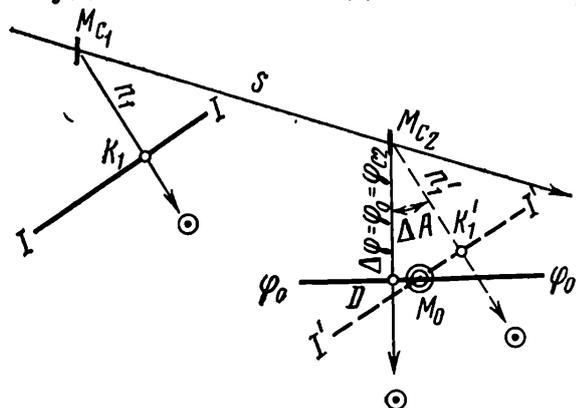


Рис. 150. Определение места приемом «утро — полдень»

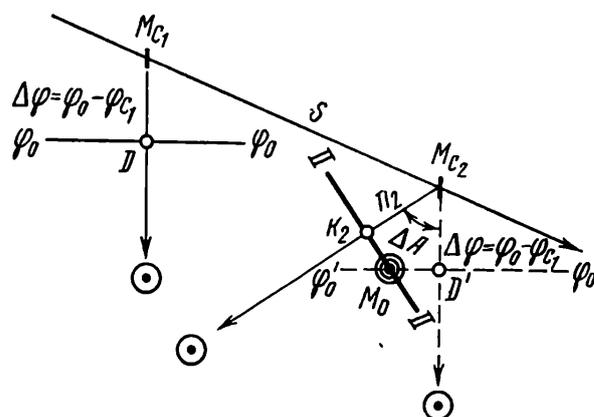


Рис. 151. Определение места приемом «полдень — вечер»

жения $I'—I'$ с параллельно обсервованной широты $\varphi_0—\varphi_0$ получают обсервованное место M_0 (рис. 150).

На практике все построения выполняют из второй счислимой точки $M_{с_1}$. Если прокладка выполняется на бумаге, то для нанесения параллели $\varphi_0—\varphi_0$ вычисляют разность широт: $\Delta\varphi = \varphi_0—\varphi_{с_1}$.

В случае применения способа «полдень — вечер» первой, в полдень, определяют обсервованную широту φ_0 и рассчитывают разность широт $\Delta\varphi = \varphi_0—\varphi_{с_1}$. После того как азимут Солнца изменится на нужную величину, проводят вторые наблюдения, по результатам которых вычисляют элементы линии положения $II—II$. Всю прокладку выполняют из второй счислимой точки $M_{с_2}$, строго увязанной с первой.

Обычно счислимые координаты на полдень не исправляют полученной обсервованной широтой и вторую счислимую точку $M_{с_2}$ рассчитывают по координатам $\varphi_{с_1}$ и $\lambda_{с_1}$ (рис. 151). В таком случае параллель $\varphi_0—\varphi_0$, полученную в полдень, прокладывают к N или S от счислимой точки M ($\varphi_{с_2}$, $\lambda_{с_2}$) по величине разности широт $\Delta\varphi = \varphi_0—\varphi_{с_1}$. Линию положения $II—II$ прокладывают, как обычно.

Если счислимые координаты на полдень были исправлены обсервованной широтой φ_0 и дальнейшее счисление велось из точки D с координатами φ_0 и $\lambda_{с_1}$, то обсервованное место судна получают в пересечении «вечерней» линии положения $II—II$ с перенесенной счислимо-обсервованной параллелью.

Наблюдения и вычисления при определении элементов линии положения и обсервованной широты выполняют в обычном порядке.

Определение места в сумерки по одновременным наблюдениям светил, когда одно из них — Полярная звезда. В тех случаях, когда при определении места судна в сумерки удобно наблюдать Полярную звезду в комбинации с другими звездами или планетами, полученная по ее высоте параллель обсервованной широты может заменить собой одну из линий положения.

Подбор звезд или планет при определении места по двум, трем или четырем светилам, когда одно из них — Полярная звезда, производится по обычным правилам. Например, при определении места по высотам Полярной и еще двух светил последние должны располагаться по азимутам, близким к 120° и 240° . По измеренной высоте Полярной делается расчет обсервованной широты φ_0 , а по остальным светилам — элементов линий положения.

Высоты светил должны приводиться к зениту последних наблюдений. Если Полярная наблюдалась не последней, то для расчета ее курсового угла, необходимого для входа в табл. 16 МТ—75 при вычислении Δh_z , берется разность $Q = 360^\circ—ИК$.

При прокладке на карте отрезок параллели обсервованной широты наносится в рассчитанной φ_0 .

Если прокладку выполняют на бумаге, то делают расчет разности широт $\Delta\varphi = \varphi_0—\varphi_{с_1}$, которую откладывают к N или S от счислимого места, и через полученную точку проводят параллель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровский В. В. Навигация. М., «Транспорт», 1965. 304 с.
- Ермолаев Г. Г. Захаров В. К. Морская лоция. Изд. 3-е. М., «Транспорт», 1975. 320 с.
- Красавцев Б. И. Мореходная астрономия. М., «Транспорт», 1968. 408 с.
- Ляльков Э. П., Васин А. Г. Навигация. М., «Транспорт», 1975. 272 с.
- Ольховский В. Е., Танцюра А. И., Яковлев В. И. Промысловая навигация. Изд. 2-е. М., «Пищевая промышленность», 1966. 386 с.
- Практическое руководство для штурманов. Под ред. А. И. Щетиной. М., «Транспорт», 1965. 561 с.
- Титов Р. Ю., Файн Г. И. Мореходная астрономия. Изд. 2-е. М., «Транспорт», 1974. 328 с.
- Ющенко А. П., Лесков М. М. Навигация. М., «Транспорт», 1972. 360 с.
- Черкашенинов Б. А. Судовождение маломерных рыбопромысловых судов. М., «Пищевая промышленность», 1973. 327 с.
- Наставление по организации штурманской службы на судах морского флота. М., ЦРИА «Морфлот», 1977, 112 с.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
-------------	---

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ НАВИГАЦИЯ



Глава I ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

§ 1. Форма и размеры Земли	5
§ 2. Географические координаты	6
§ 3. Разность широт и разность долгот	7
§ 4. Единицы длины и скорости, принятые в судождении	9
§ 5. Основные линии и плоскости наблюдателя	10
§ 6. Видимый горизонт наблюдателя и его дальность	11
§ 7. Дальность видимости предметов и огней	13

Глава II

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ В МОРЕ

§ 8. Системы деления горизонта	14
§ 9. Истинные курсы и пеленги. Курсовой угол	16
§ 10. Понятие о земном магнетизме. Магнитное склонение и его вы- борка	18
§ 11. Магнитные курсы и пеленги	22
§ 12. Девиация магнитного компаса. Компасные курсы и пеленги	23
§ 13. Понятие об уничтожении девиации. Определение остаточной девиации магнитного компаса. Таблица девиации	25
§ 14. Поправка магнитного компаса	28
§ 15. Гирокомпасные курсы и пеленги. Поправка гироскопического компаса	29
§ 16. Контроль за работой компасов в море. Определение поправок компасов	30
§ 17. Исправление и перевод курсов и пеленгов	31

Глава III

МОРЕХОДНЫЕ ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

§ 18. Магнитные компасы	35
§ 19. Устройство магнитного 127-мм компаса	36
§ 20. Устройство магнитного 75-мм компаса	39
§ 21. Установка магнитных компасов на судах. Пользование компасом и уход за ним	40
§ 22. Приборы для определения пройденного расстояния и скорости	42
§ 23. Забортные механические лаги. ЛЗМ и ЛЗБ. Принцип дейст- вия и устройство	43
§ 24. Поправка и коэффициент лага. Определение скорости судна и поправки лага на мерной линии	46

§ 25. Учет поправки и коэффициента лага	48
§ 26. Приборы для измерения глубины. Ручной лот	49
§ 27. Прокладочный инструмент	50

Г л а в а I V

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ И МОРСКИЕ КАРТЫ

§ 28. Общие сведения о картографических проекциях, их классификация	51
§ 29. Масштабы карт	54
§ 30. Понятие о локсодромии и ортодромии. Требования, предъявляемые к морской карте	55
§ 31. Элементарная теория меркаторской проекции	56
§ 32. Классификация морских карт по назначению	59
§ 33. Содержание морских навигационных карт. Условные знаки и сокращения	61
§ 34. Чтение карты и оценка ее достоверности	62

Г л а в а V

ГРАФИЧЕСКОЕ СЧИСЛЕНИЕ ПУТИ СУДНА

§ 35. Графическое счисление. Ведение прокладки при плавании без дрейфа и течения	63
§ 36. Решение основных графических задач при прокладке	65
§ 37. Циркуляция судна и ее учет	67
§ 38. Дрейф судна. Определение угла дрейфа	69
§ 39. Ведение прокладки при дрейфе	70
§ 40. Морские течения. Действие течения на судно	73
§ 41. Ведение прокладки при плавании на течении	74
§ 42. Ведение прокладки при плавании на приливо-отливном течении	77
§ 43. Ведение прокладки при совместном учете дрейфа и течения	78
§ 44. Оценка точности счисления	78

Г л а в а V I

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА В МОРЕ ВИЗУАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

§ 45. Необходимость обсерваций. Понятие об изолинии и линии положения	80
§ 46. Ошибки при навигационных наблюдениях	83
§ 47. Определение места судна по двум горизонтальным углам	85
§ 48. Определение места судна по трем пеленгам	88
§ 49. Определение места судна по двум пеленгам	90
§ 50. Определение места судна по крьюйс-пеленгу	92
§ 51. Определение места судна по расстояниям	95
§ 52. Определение места судна по пеленгу и расстоянию, полученному по вертикальному углу	98
§ 53. Опознание места судна по пеленгу в момент открытия ориентира, по пеленгу и глубине	98

Г л а в а V I I

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СУДОВОЖДЕНИИ

§ 54. Классификация радиотехнических средств, применяемых на морских судах	99
§ 55. Общие сведения об определении места судна по радиопеленгам круговых радиомаяков	100
§ 56. Определение места судна по радиопеленгам	104
§ 57. Определение места судна по пеленгам секторных радиомаяков	107
§ 58. Определение места судна с помощью судовой радиолокационной станции	110
§ 59. Понятие о фазовых и импульсных радионавигационных системах	116

Глава VIII

ПЛАВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПРИ ОСОБЫХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ

§ 60. Плавание при ограниченной видимости	118
§ 61. Плавание в стесненных навигационных условиях	119
§ 62. Счисление при плавании во льдах	122

Глава IX

СЧИСЛЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫСЛА

§ 63. Навигационно-промысловые карты и пособия. Промыслово-навигационные планшеты	125
§ 64. Особенности промыслового счисления	127
§ 65. Определение места судна при ведении промысла в прибрежных районах. Использование промыслового буя	130
§ 66. Применение радиотехнических средств судовождения при ведении промысла	131

Глава X

ОРГАНИЗАЦИЯ ШТУРМАНСКОЙ СЛУЖБЫ НА СУДАХ МОРСКОГО ФЛОТА

§ 67. Основные положения и документы, регламентирующие штурманскую службу	132
§ 68. Судовой журнал	134

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ЛОЦИЯ



Глава XI

СЛУЖБА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ

§ 69. Организация службы обеспечения безопасности мореплавания в СССР	135
§ 70. Терминология, относящаяся к навигационным опасностям	136

Глава XII

СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОРЕЙ

§ 71. Классификация средств навигационного оборудования	137
§ 72. Береговые средства навигационного оборудования	138
§ 73. Плавающие средства навигационного оборудования	143
§ 74. Системы ограждения опасностей плавающими средствами навигационного оборудования	147

Глава XIII

СТАНЦИИ И СИГНАЛЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ПЛАВАНИЯ СУДОВ

§ 75. Станции, обслуживающие мореплавателей	150
§ 76. Сигналы, правила и инструкции, относящиеся к безопасности мореплавания	151

Г л а в а XIV
РУКОВОДСТВА И ПОСОБИЯ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

§ 77. Назначение руководств и пособий для плавания	153
§ 78. Лоции	153
§ 79. «Огни и знаки» («Огни»)	154
§ 80. Книги «Радиотехнические средства навигационного обо- рудования»	155
§ 81. Каталог карт и книг	156

Г л а в а XV
ПОДДЕРЖАНИЕ КАРТ И РУКОВОДСТВ
ДЛЯ ПЛАВАНИЯ НА УРОВНЕ СОВРЕМЕННОСТИ

§ 82. Корректирующие документы. Извещения мореплавателям, НАВИМ и НАВИП	157
§ 83. Система переиздания карт и руководств для плавания. Кор- ректурa карт и книг в береговых подразделениях	160
§ 84. Комплектование судовой коллекции карт и книг. Приемы кор- ректурy карт и руководств для плавания на судах	161

Г л а в а XVI
ПРИЛИВНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

§ 85. Общие сведения о приливах	164
§ 86. Номенклатура приливных уровней. Нуль глубин	168
§ 87. Советские таблицы приливов и пользование ими	169
§ 88. Определение элементов приливо-отливных течений с помощью атласов течений и навигационных карт	172

Г л а в а XVII
ПРОРАБОТКА ПЕРЕХОДА

§ 89. Подбор карт и руководств для плавания на переход	174
§ 90. Изучение района плавания. Предварительная прокладка	175

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ
МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ



Г л а в а XVIII
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ СФЕРИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

§ 91. Небесная сфера. Основные круги и точки на сфере	177
§ 92. Сферические координаты светил	179
§ 93. Параллактический треугольник светила	182
§ 94. Изображение небесной сферы на плоскости меридиана наблю- дателя и экватора. Графическое решение задач на сфере	183
§ 95. Видимое суточное движение светил и сопровождающие его явления	185
§ 96. Видимое годовое движение Солнца и его объяснение	187
§ 97. Совместное годовое и суточное движение Солнца. Характер изменения координат Солнца	189
§ 98. Понятие о собственном движении Луны. Фазы и возраст Луны	190

Глава XIX

ВРЕМЯ И ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ

§ 99. Звездное время. Основная формула времени	192
§ 100. Истинное и среднее солнечное время. Понятие об уравнении времени	194
§ 101. Времена на различных меридианах. Местное время. Гринвичское время	195
§ 102. Поясное, декретное и судовое время. Линия перемены даты	196
§ 103. Приборы для измерения времени	199
§ 104. Поправка хронометра и его ход. Определение поправки хронометра	201
§ 105. Служба времени на судне. Работа с хронометром при астрономических наблюдениях	203

Глава XX

МОРСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЕЖЕГОДНИК

§ 106. Назначение и содержание морского астрономического ежегодника	205
§ 107. Определение местных часовых углов и склонений светил	205
§ 108. Определение судового времени кульминации Солнца, восхода и захода Солнца и Луны и времени сумерек	207

Глава XXI

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО И ЗВЕЗДНЫЙ ГЛОБУС

§ 109. Классификация звезд. Основные созвездия и звезды северных широт, отыскание их на звездном небе	210
§ 110. Назначение и устройство звездного глобуса. Задачи, решаемые при помощи звездного глобуса	212

Глава XXII

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И ВЫСОТ СВЕТИЛ СЕКСТАНОМ

§ 111. Принцип устройства секстана	215
§ 112. Место нуля на лимбе и поправка индекса секстана. Способы определения поправки индекса	217
§ 113. Инструментальная поправка. Выверка секстана	219
§ 114. Приемы измерения высот секстаном	220

Глава XXIII

ИСПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ ВЫСОТ СВЕТИЛ

§ 115. Поправки для исправления измеренных высот светил	221
§ 116. Исправление высот светил, измеренных над линией видимого горизонта	224
§ 117. Ошибки при измерении высот светил. Методы уменьшения ошибок наблюдений	226

Глава XXIV

РЕШЕНИЕ ПАРАЛЛАКТИЧЕСКОГО ТРЕУГОЛЬНИКА СВЕТИЛА

§ 118. Основные формулы сферической тригонометрии	228
§ 119. Решение параллактического треугольника светила при помощи таблиц логарифмов	230
§ 120. Решение параллактического треугольника светила при помощи специальных таблиц	233

Глава XXV

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ КОМПАСА ПО НЕБЕСНЫМ СВЕТИЛАМ

§ 121. Общие соображения об астрономическом определении поправки компаса. Наивыгоднейшие условия наблюдений	235
§ 122. Определение поправки компаса по таблицам ВАС—58	236
§ 123. Частные случаи определения поправки компаса	238

Глава XXVI

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА МЕТОДОМ ВЫСОТНЫХ ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 124. Круги равных высот. Нанесение кругов равных высот на глобус	240
§ 125. Нанесение высотных линий положения на меркаторскую карту прокладкой от счислимого места	242
§ 126. Прокладка высотных линий положения на карте и листе бумаги	244
§ 127. Определение места судна в сумерки по одновременным наблюдениям двух светил	246
§ 128. Определение места судна по одновременным наблюдениям трех или четырех светил	250
§ 129. Определение места судна по разновременным наблюдениям Солнца	252
§ 130. Применение метода перемещенного места при работе с таблицами ВАС—58	256

Глава XXVII

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ В МОРЕ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛИ ОБСЕРВОВАННОЙ ШИРОТЫ ВЗАМЕН ВЫСОТНОЙ ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 131. Определение широты по меридиональной высоте Солнца	258
§ 132. Определение широты по высоте Полярной звезды	261
§ 133. Использование параллели обсервованной широты при определении места судна	263
Приложения	вкл.
Список литературы	265



ГРИГОРИЙ ИЗРАИЛЕВИЧ ФАИН
НАВИГАЦИЯ, ЛОЦИЯ
И МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Редактор *С. В. Приградова*
Рецензенты: *А. Б. Юдович, А. П. Замоткин*
Переплет художника *Е. Н. Волкова*
Технический редактор *Н. Б. Усанова*
Корректоры: *Л. Я. Анашкина и В. А. Спиридонова*
ИБ № 571

Сдано в набор 26/I—1977 г. Подп. к печ. 25/VIII—1977 г.
Формат 60×90^{1/16}, бум. тип. № 2. 18 печ. л. (с вкл.)
19,74 уч.-изд. л. Тираж 15 000 экз. Т-15628.
Изд. № 1-1-3/11 № 8453. Цена 75 коп. Заказ тип. 643.

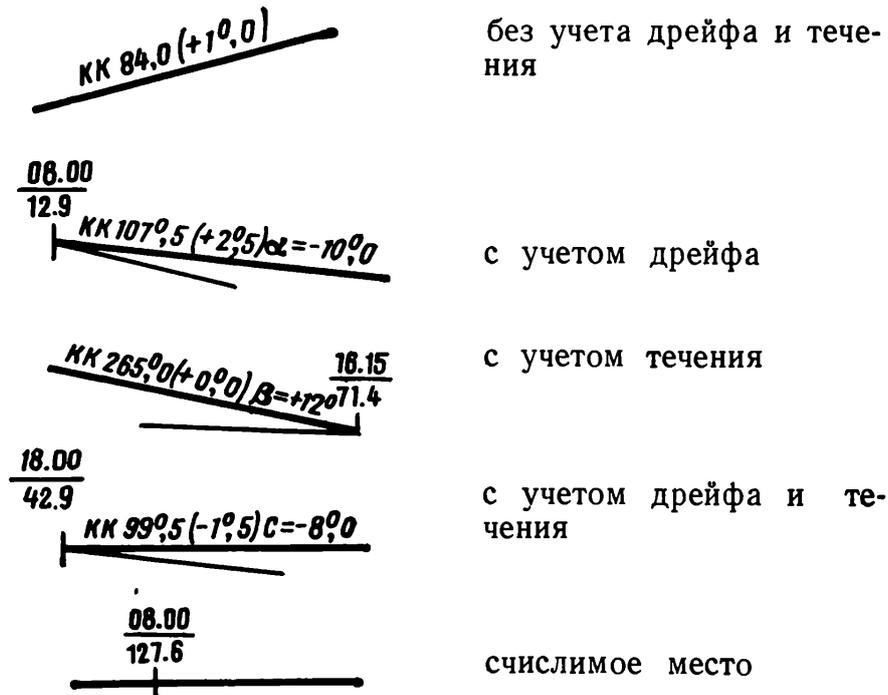
Изд-во «Транспорт», Москва, Басманный туп., 6а

г. Куйбышев, проспект Карла Маркса, 201.
Типография изд-ва «Волжская коммуна».

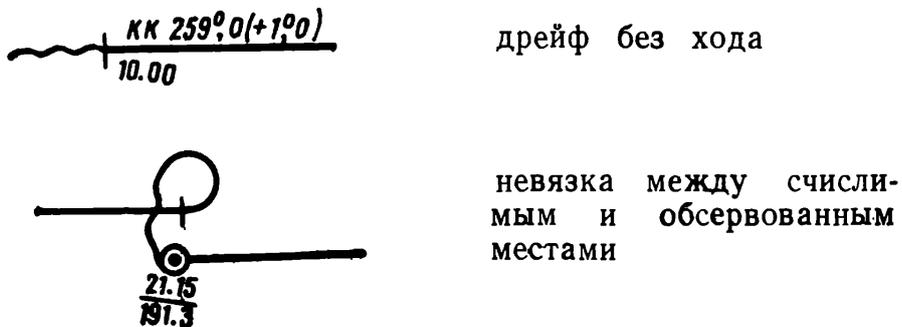
ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ,
ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДОВОЖДЕНИИ

ОБОЗНАЧЕНИЯ НА КАРТАХ ПРИ ВЕДЕНИИ НАВИГАЦИОННОЙ ПРОКЛАДКИ

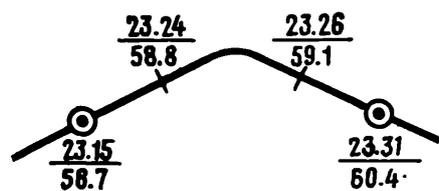
Линии путей и курсов:



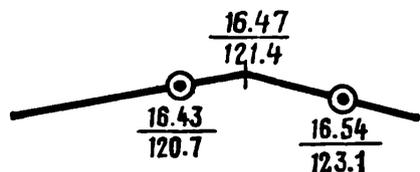
- Примечания: 1. Длина пути наносится более жирной чертой по сравнению с линией курса.
2. Надписи компасного курса, угол дрейфа и сноса течением, а также величины суммарного угла сноса производятся вдоль линии пути.
3. При убранным лаге записывается момент времени без дробной черты.
4. Отметка счислимого места всегда делается на линии пути.



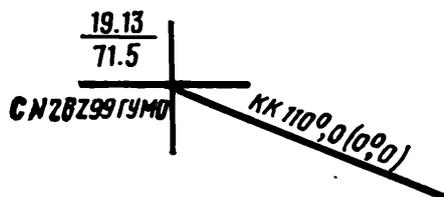
Поворот на новый курс:



с учетом циркуляции



без учета циркуляции
(на мелкомасштабной карте)



переход с карты на карту

Примечание. В точке начала счисления на новой карте ставится знак (+), возле которого пишется время, ол и номер предыдущей карты.

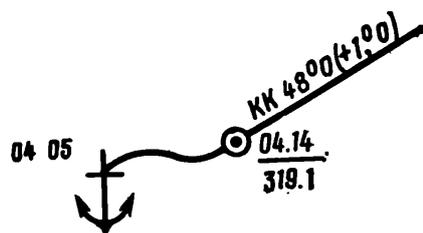
Места якорных стоянок:



счислимое



обсервованное



путь судна при съемке с якоря

Определение места судна

Основными условными изображениями, используемыми в судовождении при нанесении обсервованного места на навигационную карту, являются два обозначения:



— обозначение обсервованного места;



— обозначение счислимо-обсервованного места.

Чтобы показать характер обсервации в зависимости от вида используемых технических средств судовождения, имеющих различную точность, указанные выше обозначения дополняются символами, схематически изображающими эти средства:

-  — при использовании всех видов радиолокационных систем;
-  — при использовании радиолокационной станции;
-  — при использовании радиопеленгующих средств.

Ниже приводятся условные обозначения определяемого места судна на навигационных картах с учетом используемых технических средств судовождения:

-  1. Обсервация по визуальным наблюдениям земных ориентиров
-  2. Определение по радиолокатору
-  3. Определение по импульсным, фазовым и импульсно-фазовым системам
-  4. Определение по небесным светилам
-  5. Определение по радиомаякам, в том числе и по секторным
-  6. Определение с помощью искусственных спутников Земли
-  7. Счислимо-обсервованное место
-  8. Все виды комбинированных определений
-  9. Место судна, опознанное по глубинам
-  10. Определение, взятое под сомнение
-  11. Место судна, нанесенное по данным автосчислителя

НАВИГАЦИОННЫЕ ОПАСНОСТИ

1  а) Камни надводные
б) Камни надводные на некоторых картах иностранных вод*

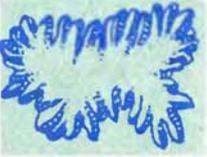
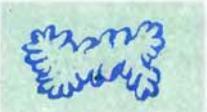
2  3 м  Камни и скалы подводные и камни и скалы, находящиеся на одном уровне с малой водой (3 м — глубина над камнем или скалой)*

3  1 м  Камни осушающие и камни, находящиеся на одной уровне с полной водой (1 м — высота осушения)*

4  Буруны

5  4 м Банки, не выражающиеся в масштабе карты (4 м — глубина над банкой)

6  (53) Отдельные острова и надводные скалы, не выражающиеся в масштабе карты (53 — высота острова или скалы)

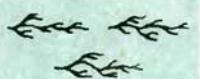
7^{хх}  а) Рифы подводные и рифы, находящиеся на одном уровне с малой водой:
а) на картах крупных масштабов
б) на картах мелких масштабов
 б)

8^{хх}  8 Рифы осушающие и рифы, находящиеся на одном уровне с полной водой:
а) на картах крупных масштабов;
б) на картах мелких масштабов

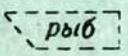
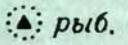


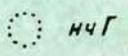
9  осх.  1 м Осушки, состоящие из мягких пород и не выражающиеся в масштабе карты (1 м — высота осушения)

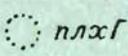
10  1951 / 21 Места подводных вулканических извержений и выходы горячих газов (1951 — год; 21 — глубина)

11  Водоросли

12  5 м  0 м Подводные препятствия (5 м — глубина над препятствием; 0 м — высота осушения)

13  рыб  рыб. Предметы (монолиты, корпуса ботов и т. п.), затопленные в целях рыболовства

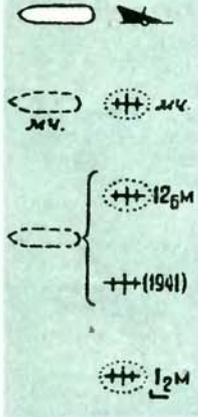
14  нчг Районы нечистого грунта

15^{ххх}  плхг Плохой грунт (слабо держит якоря)

* Точечным пунктиром на картах оконтурены камни, положение которых определено. На некоторых картах иностранных вод оконтурены подводные камни, представляющие опасность для навигации
** у коралловых рифов на картах дано условное сокращение «Кор».
*** Условный знак выходит из употребления.

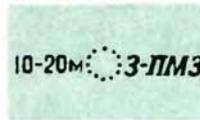
Выражающиеся
в м-бе карты

16



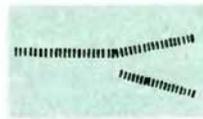
Затонувшие суда:
а) с частями корпуса над водой;
б) с мачтами над водой;
в) с глубинами над ними 18 м и менее (12₆ м — глубина над затонувшим судном);
г) с глубинами над ними более 18 м (1941 — год гибели судна);
д) осыхающие (1₂ м — высота осыхания)

21



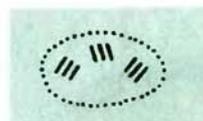
Подводные мишени звуковые (3 — количество мишеней; 10 — 20 м — минимальная и максимальная глубина над мишенями)

22



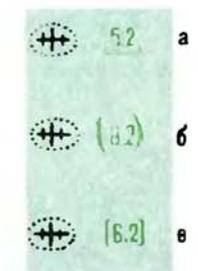
Рыболовные сети и заголы

23



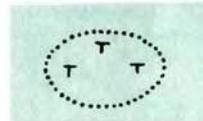
Скопления топлива и карчей (на картах внутренних водных путей)

17



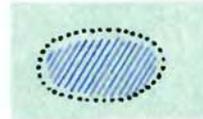
Глубина траления над навигационными опасностями:
а) без указания способа траления;
б) протралено гибким тралом;
в) протралено жестким тралом

24



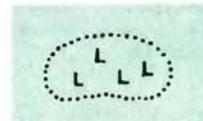
Скопления подводных камней (огрудки)

25



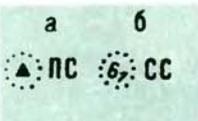
Затопленный лес

26



Затопленные вырубki

18



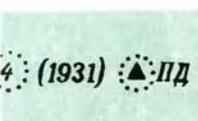
Навигационные опасности, положение (а) или существование (б) которых сомнительно

27



Зоны всплывшего торфа

19*



Навигационные опасности, нанесенные по донесению (1931 — год донесения)

20



Подводные мишени (10 м — глубина над мишенью)

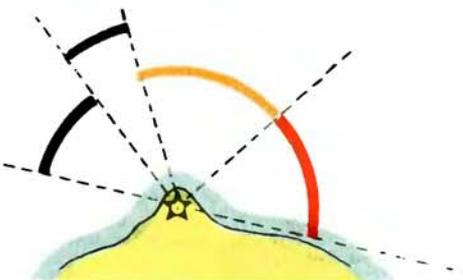
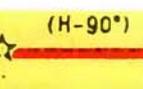
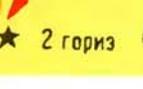
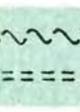
28



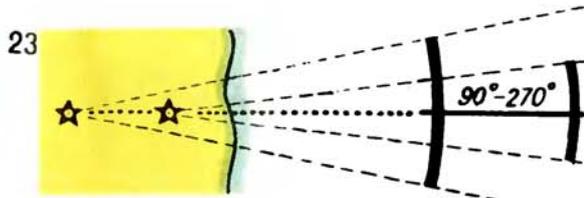
Затопленные объекты (вышки, церкви и т. п.) (5₂ м и 2₆ м — глубины над объектами)

Условное сокращение «ПД» на картах указано у опасностей, нанесенных по донесению в том случае, если неизвестен год.

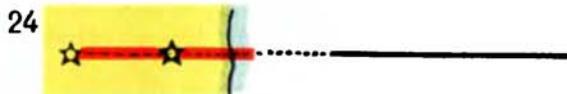
СТАЦИОНАРНЫЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- | | |
|--|---|
| <p>1  Маяки и светящие знаки с огнями кругового освещения</p> | <p>10  <i>ПП</i>  <i>Пр(7°)12М</i> Маяки, светящие знаки, огни и аэромаяки, положение которых на карте приближенно</p> |
| <p>2  Маяки и светящие знаки кругового освещения с переменными огнями</p> | <p>11  <i>нефт.</i>  <i>оск.бур.</i> Огни на сооружениях (нефтяных вышках, основаниях буровых вышек и т. п.)</p> |
| <p>3  Маяки и светящие знаки с секторными огнями</p> | <p>12  <i>кр.ог</i>  <i>ог</i> Предостерегательные огни (на нефтяных вышках, основаниях буровых вышек и т. п.)</p> |
| <p>4  <i>(Н-90°)</i> Направленные огни маяков и светящих знаков (Н-90° — направление, по которому светит сильный свет)</p> | <p>13  <i>кр.ог</i>  <i>ог</i>  <i>кр.ог</i> Заградительные авиационные огни</p> |
| <p>5  <i>Аэро</i> Аэромаяки с огнями кругового освещения</p> | <p>14  $\frac{20.3}{7}$ Несветящие навигационные знаки (20,3 — высота от принятого нуля высот до вершины знака, 7 — высота от основания до вершины знака)</p> |
| <p>6  <i>АэроМ^к</i> Аэромаяки с переменными огнями кругового освещения</p> | <p>15  <i>гур</i> Гурии</p> |
| <p>7  <i>Аэро</i>  <i>АэроМ^к</i> Аэромаяки с секторными огнями</p> | <p>16  <i>ЗН</i> Знаки, ограждающие подводные кабели, трубопроводы и т. п.</p> |
| <p>8  <i>Аэро</i>  <i>АэроМ^к</i> Аэромаяки с секторными огнями</p> | <p>17    Световые отражатели</p> |
| <p>9  <i>2 верт а</i>  <i>2 horiz б</i> а) Огни, расположенные по вертикали
б) Огни, расположенные по горизонтали</p> | <p>18  <i>ЗН</i>  <i>ЗН</i> Стационарные вехи (укрепленные в грунте)</p> |
| <p>10  <i>2 верт а</i>  <i>2 horiz б</i> а) Огни, расположенные по вертикали
б) Огни, расположенные по горизонтали</p> | <p>19  <i>ПН</i> Предостерегающие надписи</p> |
| <p>11  <i>2 верт а</i> <i>2 horiz б</i> а) Огни, расположенные по вертикали
б) Огни, расположенные по горизонтали</p> | <p>20  <i>ТПС</i> Теплопеленгаторные станции</p> |
| <p>12 <i>2 верт а</i> <i>2 horiz б</i> а) Огни, расположенные по вертикали
б) Огни, расположенные по горизонтали</p> | <p>21  <i>Ведущие кабели</i></p> |
| <p>13 <i>2 верт а</i> <i>2 horiz б</i> а) Огни, расположенные по вертикали
б) Огни, расположенные по горизонтали</p> | <p>22 а  <i>Т</i> Акустические средства:
а) звукоопознавательные установки;
б) гидроакустические установки;
в) гидролокационные маяки;
г) гидролокационные пассивные отражатели</p> |

* Условный знак выходит из употребления.
** На некоторых картах иностранных вод на знаках показаны топовые фигуры.



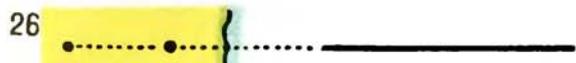
23 Створы маяков и светящихся знаков (90° — направление створа с берега, 270° — направление створа с моря)



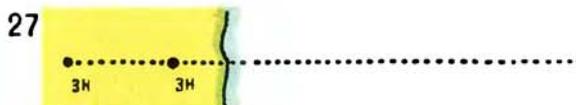
24 Огни створных маяков и светящихся знаков в узком секторе



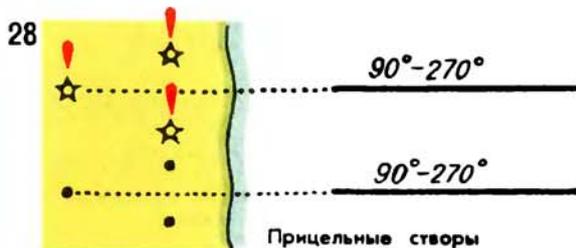
25 Створы огней



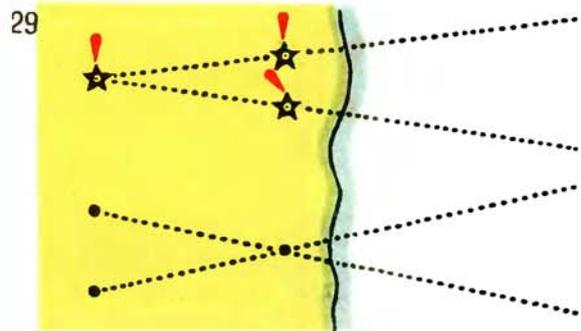
26 Створы несветящихся знаков



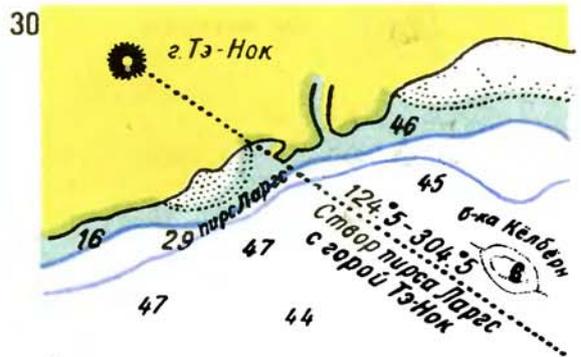
27 Створы знаков, ограждающих подводные кабели, трубопроводы и т. д.



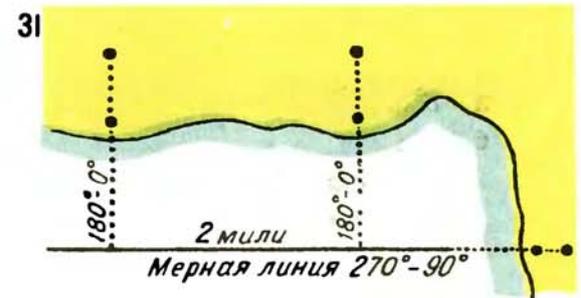
28 Прицельные створы (При плавании по створу задний огонь или знак должен быть виден точно, посередине между передними огнями или знаками. Створ обеспечивает плавание по заданному направлению)



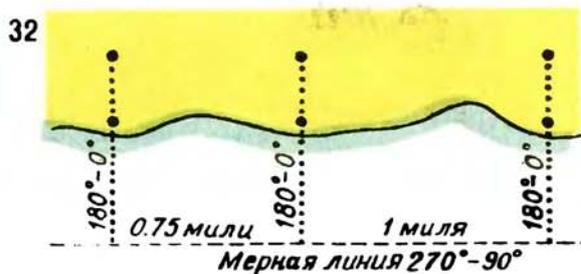
29 Щелевые створы (При плавании по створу средний огонь или знак должен быть виден между крайними огнями или знаками)



30 Ограничительные створы



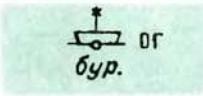
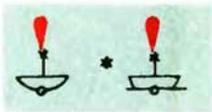
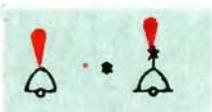
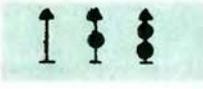
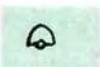
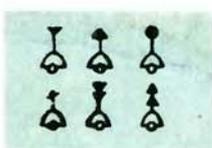
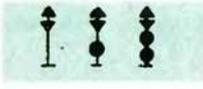
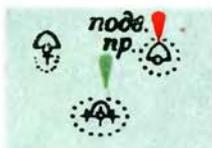
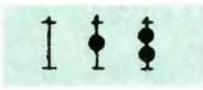
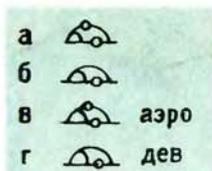
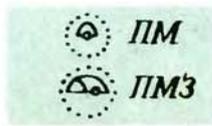
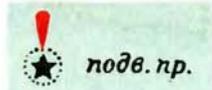
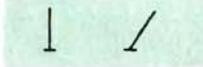
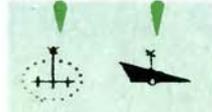
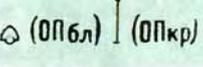
31 Мерные линии с ведущим створом



32 Мерные линии с рекомендованным курсом

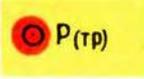
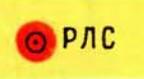
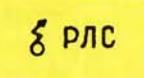
* Условный знак выходит из употребления.

ПЛАВУЧИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- | | |
|--|---|
| <p>1  Плавучие маяки</p> | <p>II  Огни на судах для буровых работ</p> |
| <p>2  Плавучие огни</p> | <p>12  Северные вежи: левой стороны, левые поворотные каналы (фарватеров)</p> |
| <p>3  Буи светящие</p> | <p>13  Южные вежи: правой стороны, правые поворотные каналы (фарватеров)</p> |
| <p>4  Буи несветящие</p> | <p>14  Западные вежи</p> |
| <p>5  Буи с топовыми фигурами**</p> | <p>15  Восточные вежи</p> |
| <p>6  Буи над опасностями</p> | <p>16  Крестовые вежи</p> |
| <p>7  Бочки:
а) швартовные;
б) ограждающие;
в) швартовные для гидросамолетов;
г) девиационные</p> | <p>17  Вежи разделения фарватеров и каналов, осевые и ограждающие затонувшие суда</p> |
| <p>8  Буи или бочки над подводными мишенями</p> | <p>18  Флажные вежи</p> |
| <p>9  Огни над подводными препятствиями</p> | <p>19  Ледовые вежи. Шесты</p> |
| <p>10  Огни на затонувших судах</p> | <p>20  Светящие вежи</p> |
| | <p>21  Световые отражатели на буях и вежах</p> |
| | <p>22  Светоотражающие покрытия на буях и вежах</p> |

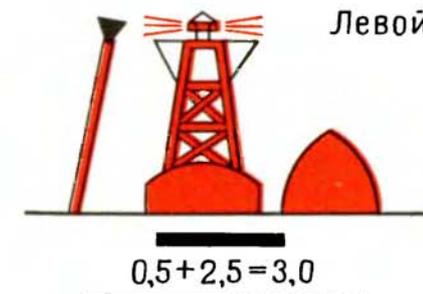
* Условный знак выходит из употребления
 ** На картах иностранных вод топоные фигуры на буях и вежах показаны по их действительному виду.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- | | | | | | |
|---|---|--|----|--|---|
| 1 |  <p>Лоран
Декка</p> | Станции радионавигационных систем | 9 |  <p>R(тр)</p> | Радиостанции, работающие по запросу (требованию) для пеленгования (QTG — ЦТГ) |
| 2 |  <p>RM^кскт</p> | Секторные радиомаяки дальнего действия | 10 |  <p>РПС</p> | Радиопеленгаторные станции |
| 3 |  <p>RM^к</p> | Радиомаяки | 11 |  <p>РЛМ^к</p> | Радиолокационные маяки (непрерывно излучающие импульсы) |
| 4 |  <p>Холмск
ГрПр(3)(14^с)
20МРМ^к
Нантакет
ГрПр(2)(10^с)
14МРМ^к</p> | Радиомаяки при световых маяках | 12 |  <p>РЛМ^котв
* РЛА</p> | Радиолокационные маяки-ответчики |
| 5 |  <p>ГрПр РМ^к
бл</p> | Радиомаяки на светящихся буйях | 13 |  <p>РЛМ^кклб</p> | Радиолокационные маяки для калибровки судовых радиолокационных станций |
| 6 |  <p>АРМ^к
* АэроРМ^к</p> | Аэро радиомаяки | 14 |  <p>РЛС</p> | Береговые радиолокационные станции |
| 7 |  <p>Аэро АРМ^к
* АэроМ^кРМ^к</p> | Аэро радиомаяки при аэромаяках | 15 |  <p>ξ РЛС</p> | Радиолокационные станции, имеющие значение только навигационных ориентиров |
| 8 |  <p>ПП РМ^к</p> | Радиомаяки и аэро радиомаяки, положение которых на карте приближенно | 16 |  <p>* РЛО</p> | Радиолокационные отражатели |
| | | | 17 |  <p>РЛО РЛО</p> | Радиолокационные ориентиры |

* Условный знак выходит из употребления.

ОГРАЖДЕНИЕ СТОРОН КАНАЛОВ И ФАРВАТЕРОВ



$0,5 + 1,0 + 0,5 + 4,0 = 6,0$
20 проблесков в минуту
Поворотные левой стороны

Разделения и соединения
каналов и фарватеров

$0,5 + 1,0 + 0,5 + 4,0 = 6,0$
20 проблесков в минуту
Поворотные правой стороны



ОБОЗНАЧЕНИЕ ОСЕЙ ФАРВАТЕРОВ
И РЕКОМЕНДОВАННЫХ КУРСОВ

ОГРАЖДЕНИЕ
ЗАТОНУВШИХ СУДОВ

Осевые

Поворотные осевые



ОГРАЖДЕНИЕ
РАЙОНОВ ПРОКЛАДКИ
ПОДВОДНЫХ КАБЕЛЕЙ

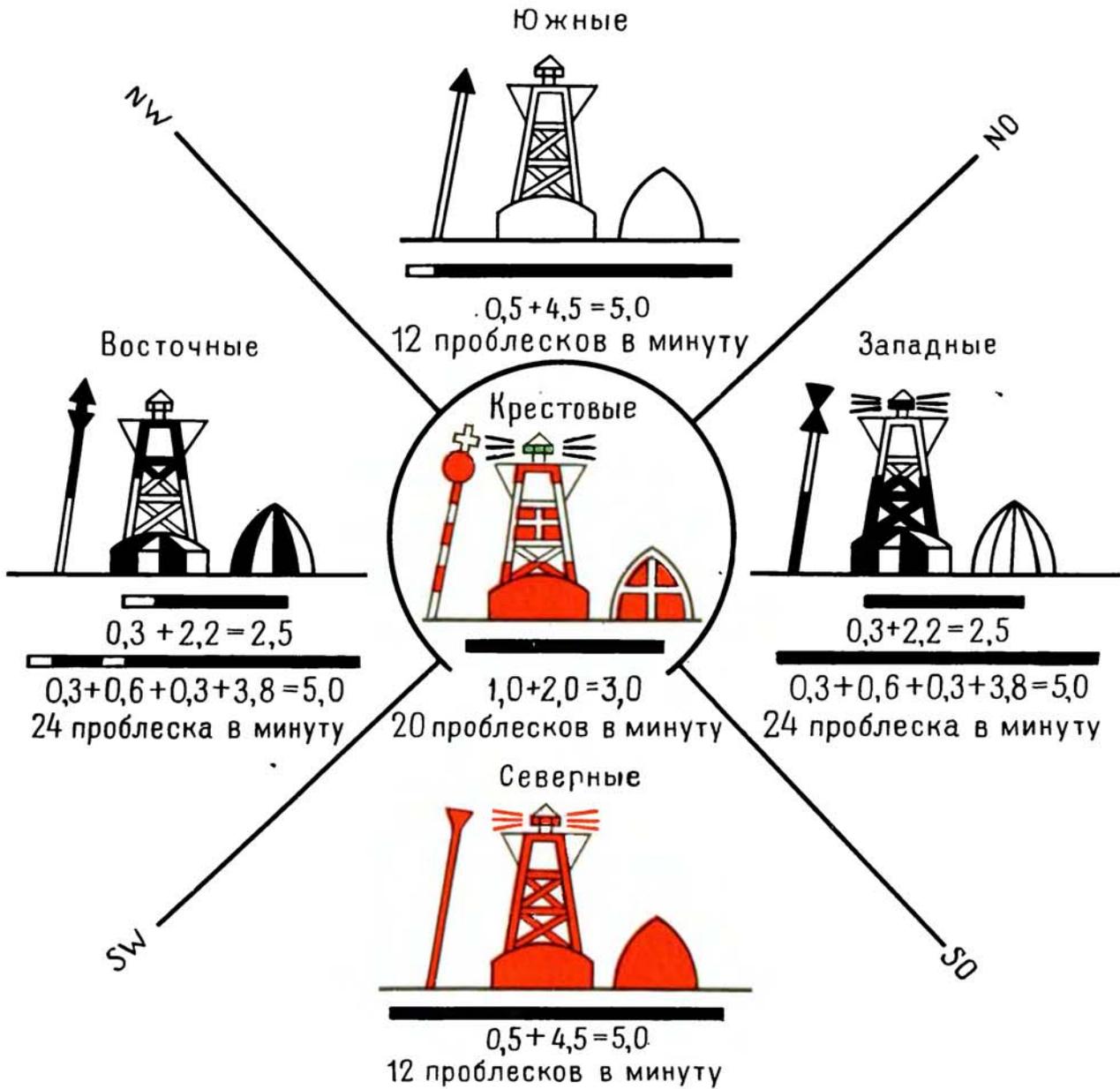
ОБОЗНАЧЕНИЕ ЯКОРНЫХ
И КАРАНТИННЫХ ЯКОРНЫХ СТОЯНОК

Якорные

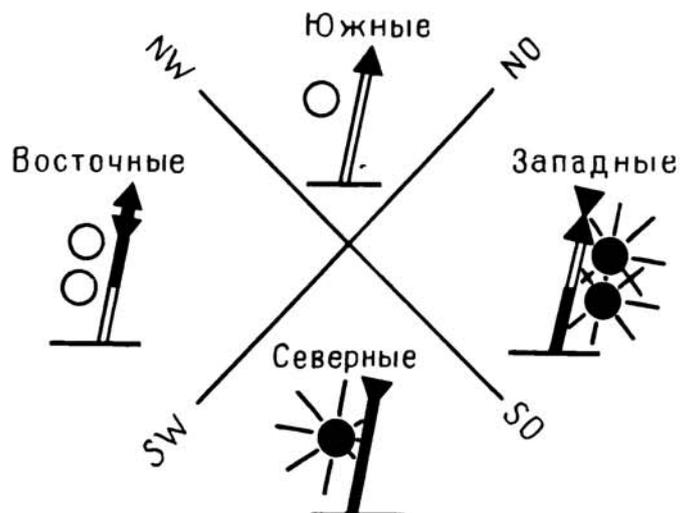
Карантинные якорные



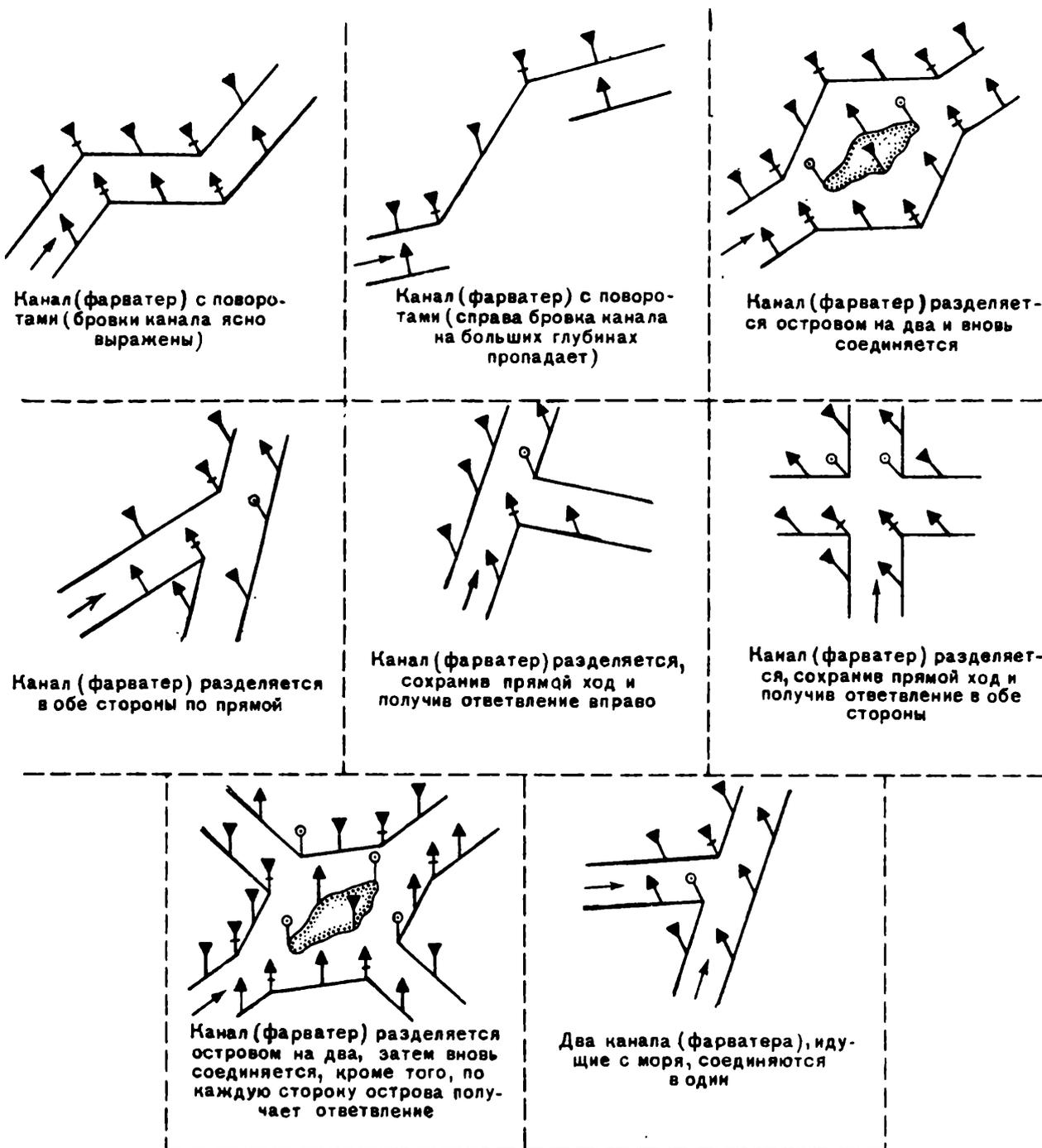
ОГРАЖДЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ ОПАСНОСТЕЙ



ОГРАЖДЕНИЕ РЫБОЛОВНЫХ СНАСТЕЙ



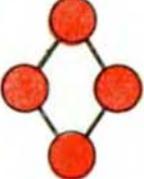
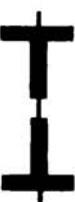
ПРИМЕРНАЯ СХЕМА ПОСТАНОВКИ ПЛАВУЧИХ ПРЕДОСТЕРЕГАТЕЛЬНЫХ
ЗНАКОВ ПО СИСТЕМЕ ОГРАЖДЕНИЯ СТОРОН В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ
ПОВОРОТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ И СОЕДИНЕНИЯ КАНАЛОВ И ФАРВАТЕРОВ

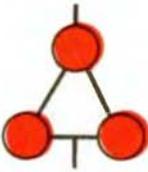
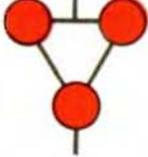
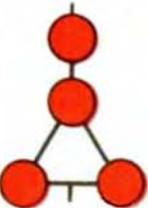
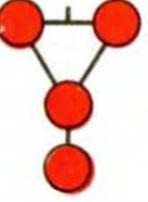


Условные обозначения знаков

- | | | | |
|---|-------------------------|---|---------------------------|
| ▼ | Левой стороны | ▼ | Поворотный левой стороны |
| ▲ | Правой стороны | ▲ | Поворотный правой стороны |
| ⊙ | Разделения и соединения | → | Направление с моря |

ЗНАЧЕНИЕ ШТОРМОВЫХ СИГНАЛОВ

№ 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
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, расположенные по горизонтали 	Ожидается сильный шквал
7	Черный крест 	Четыре красных огня в вершинах ромба 	Ожидается ураган
8	Две черные разомкнутые Т-образные фигуры одна над другой, нижняя в опрокинутом положении 	Зеленый огонь 	Ожидается ветер силой 5 баллов на морях или 4—5 баллов на озерах и водохранилищах

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

СИГНАЛЫ В ПОРТАХ О ПРИЛИВЕ И ОТЛИВЕ

№ сигнала	Вид сигнала		Значение сигнала
	днем	ночью	
1	<p>Черный конус вершиной вниз</p> 	<p>Белый огонь над зеленым огнем</p> 	Отлив
2	<p>Черный конус вершиной вверх</p> 	<p>Зеленый огонь над белым огнем</p> 	Прилив
3	<p>Черный конус вершиной вниз</p> 	<p>Зеленый огонь</p> 	Высота воды, равная одной единице (20 см)
4	<p>Черный цилиндр</p> 	<p>Красный огонь</p> 	Высота воды, равная пяти единицам (1 м)
5	<p>Черный шар</p> 	<p>Белый огонь</p> 	Высота воды, равная двадцати пяти единицам (5 м)
6	<p>Белый цилиндр</p> 	<p>Красный огонь</p> 	Высота воды, равная полуединице (10 см)

СИГНАЛИЗАЦИЯ, ОТНОСЯЩАЯСЯ К ДВИЖЕНИЮ СУДОВ

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