

При ведении прокладки в этом случае также решаются прямая и обратная задачи и используются следующие алгебраические соотношения:

$$\left. \begin{aligned} \text{ПУ}_c &= \text{ИК} + \alpha + \beta = \text{ИК} + c \\ \text{ИК} &= \text{ПУ}_c - \alpha - \beta = \text{ПУ}_c - c \\ c &= \alpha + \beta = \text{ПУ}_c - \text{ИК} \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

При решении прямой задачи по известным КК, V_l , углу дрейфа α и элементам течения требуется определить линию пути при дрейфе и течении, истинную скорость V и суммарный угол сноса $c = \alpha + \beta$. Для решения этой задачи по формуле (46) вычисляют ПУ_a и проводят его линию из начальной точки. Затем в условном масштабе строят треугольник скоростей по известным V_l и V_t , для чего по линии пути при дрейфе прокладывают величину V_l и из конца его — вектор V_t . Соединяют начальную точку с концом вектора течения и получают истинную скорость при дрейфе и течении и искомую линию пути. Суммарный угол сноса (c) вычисляют по формуле (49).

В обратной задаче требуется найти КК, V и суммарный снос c по известным ПУ_c , V_l , углу дрейфа α и вектору течения V_t . Для решения задачи из начальной точки O по данному ПУ_c проводят линию пути (рис. 74) и вектор течения V_t в условном масштабе. Из конца вектора течения (точки A) раствором циркуля, равным V_l , в том же масштабе делают засечку на линии пути при дрейфе и течении (точка B) и, соединив тонкой пунктирной линией точки A и B , получают линию пути при дрейфе. Отрезок OB на линии пути соответствует искомой истинной скорости судна V в условном масштабе. Переносят линию AB параллельным перемещением в начальную точку O . Полученная линия OB' представляет линию пути при

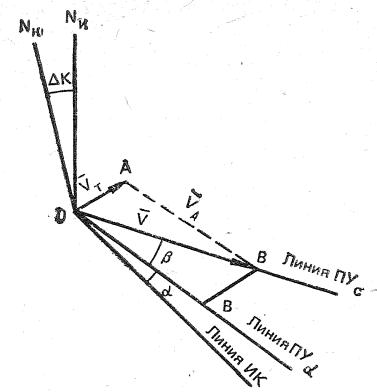


Рис. 74. Графическое решение обратной задачи при учете дрейфа и течения

дрейфе. По известным α и ΔK находят суммарный снос c и КК.

Решая графические задачи нахождения различных точек при плавании на течении с дрейфом, пройденное по лагу расстояние откладывают по линии пути при дрейфе, а траверз рассчитывают относительно ИК.

Пример. $\text{ПУ}_c = 125,0^\circ$; $\Delta K = -3,0^\circ$; $\alpha = -3,0^\circ$. После построения по известным элементам скоростного треугольника получим $\text{ПУ}_a = 130,0^\circ$. Определить β , c , ИК, КК (см. рис. 74).

| | |
|--|--|
| Решение: $\begin{array}{rcl} \text{ПУ}_c &= 125,0^\circ \\ - \text{ПУ}_a &= 130,0^\circ \\ \hline \beta &= -5,0^\circ \\ + & \\ \alpha &= -3,0^\circ \\ \hline c &= 8,0^\circ \end{array}$ | $\begin{array}{rcl} \text{ПУ}_a &= 130,0^\circ \\ - \alpha &= -3,0^\circ \\ \hline \text{ИК} &= -133,0^\circ \\ \Delta K &= -3,0^\circ \\ \hline \text{КК} &= 136,0^\circ \end{array}$ |
|--|--|

Прокладка пути с учетом возможных ошибок счисления. Исходными данными при ведении прокладки на карте являются путь яхты и пройденное расстояние. Ошибка учета пути яхты ($\pm \varepsilon_p$) складывается из ошибки в знании поправки компаса, ошибки, вызываемой рысканием на курсе и ошибок учета дрейфа и сноса течением. Ошибка учета пройденного расстояния ($\pm \Delta S$) складывается из ошибок знания поправки лага или скоро-

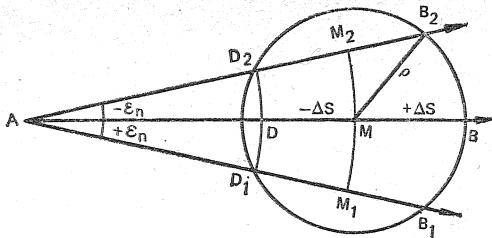


Рис. 75. Точность счисления

сти яхты и ошибок учета дрейфа и течения.

Если при плавании вне видимости берегов возникло сомнение в точности прокладки, находят площадь вероятного местонахождения яхты. Для этого от известной точки А, полученной по данным последнего надежного определения, прокладывают линию ИК или расчетного пути АВ (в зависимости от гидрометеоусловий), от которой в обе стороны проводят крайние линии возможного действительного перемещения яхты АВ₁ и АВ₂ (рис. 75). На линии ИК или расчетного пути откладывают пройденное расстояние за время, прошедшее после последнего надежного определения (точка М), с учетом возможной ошибки в учете скорости или поправки лага (точки D и В). Аналогично на линиях АВ₁ и АВ₂ получаем точки М₁, М₂ и D₁, B₁, D₂ и B₂.

При наличии одновременных ошибок в пределах $\pm \epsilon_n$ и $\pm \Delta S$ с достаточной точностью можно считать, что яхта будет находиться именно в площади B₁D₁D₂B₂. Для упрощения расчетов описывают окружность около этой фигуры и получают круг погрешности с радиусом ρ . Из треугольника MM₂B₂ получим:

$$\rho = MB_2 = \sqrt{(MM_2)^2 + (M_2B_2)^2}.$$

Из треугольников АММ₂ и АММ₁ имеем $MM_2 = MM_1 = AM \cdot \sin \epsilon_n^\circ = S \cdot \sin \epsilon_n^\circ$.

Учитывая малость угла ϵ_n° можно записать:

$$\sin \epsilon_n^\circ = \epsilon_n^\circ \cdot \text{arc } 1^\circ = \frac{\epsilon_n^\circ}{57,3^\circ},$$

тогда $MM_2 = MM_1 = S \frac{\epsilon_n^\circ}{57,3^\circ}$ или для

приближенных расчетов

$$MM_2 = MM_1 = S \frac{\epsilon_n^\circ}{60}.$$

Подставляя значения MM_2 и M_2B_2 в выражение радиуса круга погрешности, получим:

$$\rho = \sqrt{\left(S \frac{\epsilon_n^\circ}{60}\right)^2 + \Delta S^2}. \quad (50)$$

Таким образом, при плавании по счислению и отсутствии определений местоположения судна свое место следует считать не в точке М, а внутри круга погрешности с радиусом ρ и прокладывать курсы для дальнейшего плавания из трех точек — М, В₂ и В₁. При подходе к району навигационных опасностей свое место необходимо считать на линии, ближайшей к опасности.

При наличии дрейфа и сноса от течения ошибки счисления заметно возрастают, в связи с чем для обеспечения безопасности плавания необходимо систематически определять свое местоположение в море с помощью всевозможных обсерваций.

6.5. Определение места яхты в море визуальными способами

Сущность обсерваций. Навигационные параметры и линии положения. Учет плавания яхты только методом графического счисления не обеспечивает достаточной точности, а следовательно, и безопасности плавания. Штурман должен систематически определять свое место в море по бере-

говым ориентирам, нанесенным на карты, или по небесным светилам, координаты которых имеются в соответствующих пособиях. Наблюдения ориентиров и определения по ним координат яхты называют обсервациями. Точки, отмечающие на карте место судна, полученное в результате обсерваций любого вида, называют обсервованными и обозначают кружком с точкой, а координаты с индексом «0» — ϕ_0, λ_0 .

Обсервации называют навигационными в тех случаях, когда наземные ориентиры наблюдают визуальными способами с использованием компаса, секстана либо с помощью промера глубин. При наблюдении ориентиров с применением радиотехнических средств обсервации называют радионавигационными. По наблюдениям небесных светил получают астрономические обсервации.

Для определения обсервованного места по результатам наблюдений измеряют определенные величины: пеленги, горизонтальные и вертикальные углы, расстояния, глубины, радиокурсовые углы и т. д. Эти величины называют навигационными параметрами.

Линию равных значений навигационного параметра называют навигационной изолинией, или линией положения.

Положение любой точки на земной поверхности может определяться в точке пересечения двух (и более) изолиний, проходящих через наблюдателя и наблюдаемые ориентиры, положение которых на данный момент известно. Точка пересечения таких изолиний и будет местом судна.

Для визуального определения места яхты используют нанесенные на картах ориентиры: маяки, знаки, колокольни, заводские трубы, башни, а также мысы, горные вершины и отдельные скалы.

В качестве линий положения для

получения обсерваций на яхтах чаще всего используют линии пеленгов, взятых на соответствующие ориентиры.

При измерении горизонтальных и вертикальных углов и расстояний изолинии имеют вид окружностей.

Порядок работы штурмана для получения обсервованного места таков: наблюдение (измерение), вычисление и прокладка на карте.

Несовпадение счислимого и обсервованного места называют невязкой. Обсервованное и соответствующее ему счислимое места соединяются знаком невязки. Невязка имеет величину и направление, которое измеряют от счислимого места к обсервованному. Она обозначается буквой C и выражается в градусах и милях (с точностью до 0,1 мили), например: $C=153^\circ-3,5$ мили.

Для обеспечения безопасности мореплавания штурман на любом судне должен постоянно анализировать результаты наблюдений по определению своего места. Существенным моментом в работе штурмана является анализ невязок, задача которого — найти причины ошибок счисления для дальнейшего учета. Поэтому величину и направление невязки необходимо рассчитывать при каждой обсервации.

При появлении сомнения в невязке обсервацию рекомендуется повторить.

Определение места по пеленгам двух предметов. Определение места яхты в море по двум одновременно взятым пеленгам двух различных предметов — наиболее распространенный способ обсерваций. Этот способ прост и позволяет быстро получить обсервованное место судна.

Перед наблюдением по карте выбирают и опознают на берегу два хорошо видимых ориентира, направления на которые отличаются между собой на величину, по возможности близкую к 90° или по крайней мере не менее 30° и не более 150° . Взяв компасные пеленги выбранных ориентиров и ис-

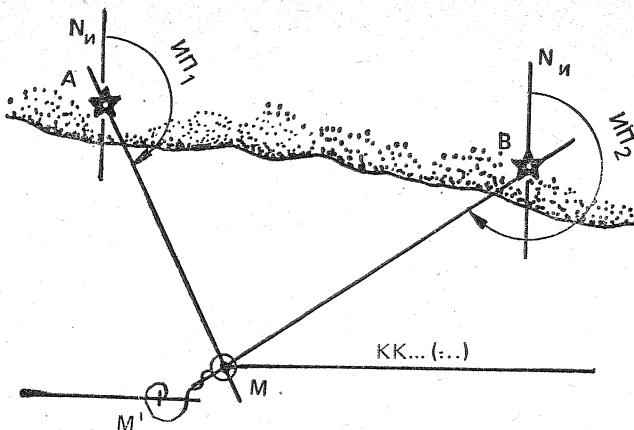


Рис. 76. Определение места по пеленгам двух предметов

правив их общей поправкой компаса, получают значения истинных пеленгов ориентиров. Затем на карте от ориентиров прокладывают линии исправленных пеленгов и в точке их пересечения (точка М) получают обсервованное место яхты (рис. 76). Наличие невязки показывают волнистой линией.

Наиболее существенный недостаток этого способа — отсутствие контроля полученной обсервации ввиду отсутствия третьей (контрольной) линии положения.

Определение места яхты по двум горизонтальным углам. Определяют место яхты по двум горизонтальным углам, измеренным секстантом, чаще всего, когда не уверены в показаниях компаса (в районе магнитной аномалии, при смещении мягкого или твердого железа и т. п.). Это наиболее точный визуальный способ, так как он не зависит от поправки компаса.

Если с яхты хорошо видны три ориентира — А, В и С, близкие к горизонту и нанесенные на карту (рис. 77), то, измерив горизонтальные углы α (между А и В) и β (между В и С), получают по ним две изолинии, в пересечении которых находится обсервованная точка на момент наблюдений.

Изолиниями судна (геометрическим местом точек положения вершин измеренных двух углов) являются две окружности, одна из которых проходит через ориентиры А, В, место яхты М и вмещает угол α , а другая — через

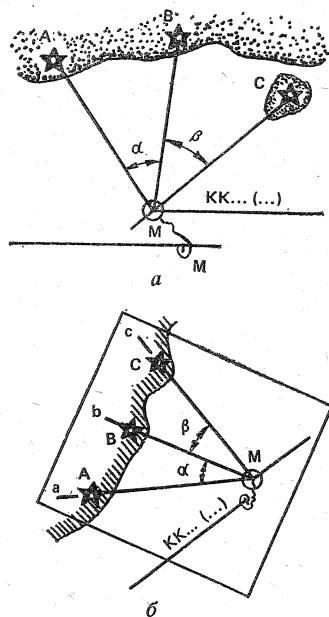


Рис. 77. Определение места по двум горизонтальным углам (а) и нанесение места на карту с помощью кальки (б)

ориентиры В, С, место яхты М и вмещает угол β .

Для нахождения места по двум углам пользуются калькой: от произвольной точки М на кальке проводят прямую линию и под углами α и β из той же точки М проводят еще две прямые линии. Накладывают кальку на карту и находят положение, при котором каждая из линий прошла бы через свой ориентир. В точке расхождения линий М получают место яхты.

Способ этот невозможно использовать, когда в момент обсервации яхта находится на окружности, проходящей через все три ориентира (случай неопределенности). Тогда из любой точки на окружности (M_1 , M_2 и т. д.) ориентиры А, В и С будут видны соответственно под углами α и β .

Недостаток этого способа — трудоемкость, наличие случаев неопределенности и отсутствие контроля, из-за чего возможны незамеченные промахи.

Определение места яхты по пеленгам трех предметов. Наличие третьей линии положения существенно повышает точность обсервации и выявляет возможные ошибки наблюдений и грубые промахи. Поэтому всегда, когда на берегу имеются три хорошо видимых ориентира, которые нанесены на карте, нужно сделать обсервацию по трем линиям положения.

С этой целью в быстрой последовательности один за другим берут пеленги на выбранные и опознанные ориентиры и записывают время в момент взятия третьего пеленга. Для повышения точности обсервации ориентиры стараются выбрать таким образом, чтобы углы между пеленгами наряду расположенные ориентиры были возможно ближе к 60 или 120° .

Полученные три пеленга (ОКП) исправляют поправкой компаса и проектируют на карте от соответствующих ориентиров. Если наблюдения сделаны правильно и принятая поправка компаса верна, то линии всех

трех пеленгов пересекутся в одной точке.

На практике линии трех пеленгов чаще пересекаются в трех точках, образуя так называемый **треугольник погрешности**. Если стороны этого треугольника малы и не превышают $0,5$ мили, то вероятное место яхты принимают в центре треугольника, считая причиной его возникновения наличие случайных ошибок. Если треугольник мал, но вытянут, то место яхты считают в точке, близкой к его короткой стороне.

Однако возможны случаи образования большого треугольника погрешности со сторонами, значительно превышающими $0,5$ мили. Причиной здесь является чаще всего неточное знание поправки компаса или ошибка в наблюдении, выявляемая повторным наблюдением при выборе новой комбинации ориентиров. Наличие прежнего треугольника после повторного наблюдения свидетельствует об ошибке учета поправки компаса. В этом случае следует изменить поправку компаса на $2-4^\circ$ в сторону, позволяющую уменьшить треугольник погрешности. Исправив пеленги новой поправкой и проложив их на карте, получают новый треугольник погрешности (рис. 78). Если он меньше, чем первоначальный, то измененное значение поправки компаса оказалось ближе к истинному ее значению. В частном случае если стороны нового треугольника менее $0,5$ мили, то обсервованное место считают в центре него, а измененную поправку компаса принимают за уточненную истинную.

В том случае, когда новый треугольник меньше первоначального, но стороны его более $0,5$ мили, повторяют изменение учитываемой поправки компаса, добиваясь надежного пересечения пеленгов в обсервованной точке, либо соединяют сходные вершины полученных двух треугольников прямыми линиями, в пересечении кото-

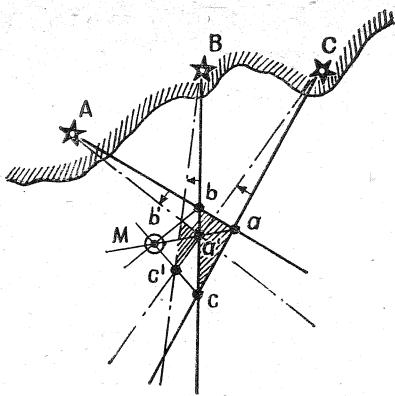


Рис. 78. Треугольник погрешности

рых получают точку M — она и является обсервованным местом яхты.

Уточненное значение ΔK получают усреднением результатов сравнений трех измеренных компасных пеленгов ориентиров с истинными, снятыми с помощью транспортира и линейки от точки M на те же ориентиры.

Указанный способ определения места в судовождении наиболее точный. Он позволяет судить о правильности обсерваций, исключить промах в наблюдениях и систематическую ошибку в ΔK во всех случаях, кроме одного, когда все три пеленгуемых ориентира и место яхты находятся на одной окружности (случай неопределенности). В этом случае рекомендуется повторить определение в другой точке.

Определение места способом крюйс-пеленга. Таким образом определяют место по двум разновременно взятым пеленгам одного имеющегося в видимости ориентира. Для этого берут на него первый пеленг (рис. 79) в момент T_1 и продолжают идти, точно удерживая заданный курс. В отсутствие лага определяют скорость яхты. Когда направление на ориентир изменится на $30-40^\circ$, повторяют его пеленгование в момент T_2 . Для повышения точности второй пеленг следует

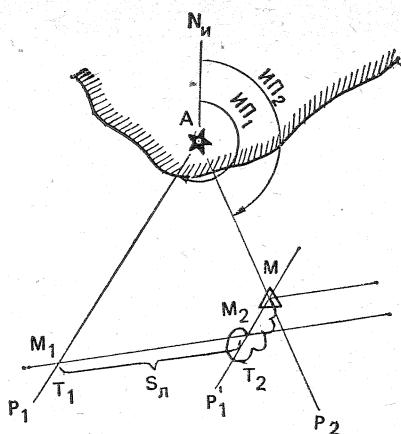


Рис. 79. Определение места по крюйс-пеленгу

брать в момент траверза ориентира или около траверза.

По данным лага или определенной скорости яхты рассчитывают расстояние $S_{\text{л}}$, пройденное за время $(T_2 - T_1)\Delta T$, и прокладывают на карте пеленги ИП₁ и ИП₂. За время ΔT яхта двигалась заданным курсом K и прошла расстояние $S_{\text{л}}$. Чтобы получить место яхты в момент T_2 , необходимо вместить отрезок $S_{\text{л}}$ параллельно курсу яхты между линиями первого и второго пеленгов. Это выполняется графическими способами, один из которых показан на рис. 79. От точки M_1 пересечения первого пеленга AP_1 с линией курса откладывается по курсу расстояние $S_{\text{л}}$ до точки M_2 , через которую проводится отрезок прямой, параллельный AP_1 . В пересечении этого отрезка со вторым пеленгом AP_2 находится место яхты. Оно называется счислимо-обсервованным, так как при его получении использовались и данные обсервации (пеленги), и данные счисления (курс или путь и пройденное расстояние). Счислимо-обсервованное место на карте обозначают треугольником с точкой внутри.

Если от первой до второй обсервации яхта проходит в лавировку, весь счислимый путь между пеленгами

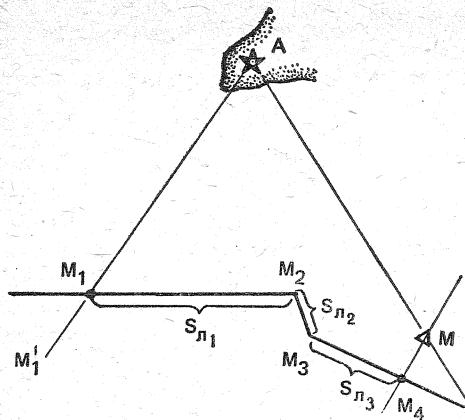


Рис. 80. Крюйс-пеленг при изменении курса

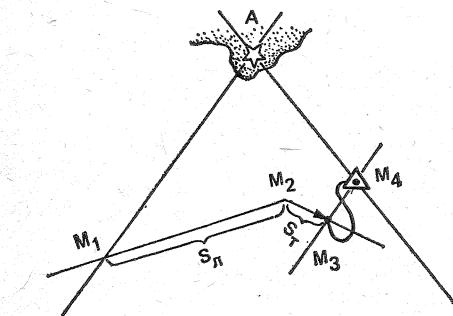


Рис. 81. Крюйс-пеленг на течении

прокладывается на карте отрезками S_{L_1} , S_{L_2} и т. д. В этом случае счислимо-обсервованное место находят на пересечении второго пеленга линией, параллельной первому пеленгу и прохождённой от счислимой точки, отмеченной в момент взятия второй обсервации (рис. 80).

При дрейфе пройденное между пеленгами расстояние вмещают параллельно линии пути, а не курса.

При плавании на течении, элементы которого известны, из точки M_1 взятия первого пеленга (рис. 81) откладывают по линии ИК (или ПУ α) при учете и дрейфа и течения) плавание S_L за время ΔT до точки M_2 , от которой по направлению течения от-

кладывают отрезок M_2M_3 , равный величине сноса яхты течением за время ΔT между взятием первого и второго пеленгов, т. е. $M_2M_3 = S_t = T \cdot V_t$. Счислимо-обсервованное место яхты на течении получают в точке M_4 на пересечении линии, проведенной через точку M_3 параллельно первому пеленгу, с линией второго пеленга.

Определение места по пеленгу и вертикальному углу. Если в видимости имеется один ориентир, нанесенный на карту, высота над уровнем моря которого известна, можно определить место по пеленгу и расстоянию до этого ориентира; указанное расстояние можно рассчитать с достаточной для практических целей точностью по формуле:

$$D = 1,86 \frac{H}{\gamma}, \quad (51)$$

где H — высота ориентира над уровнем моря в м;

γ — вертикальный угол ориентира в угловых мин.

Вертикальный угол измеряют секстаном от уреза воды до вершины ориентира и исправляют поправками секстана на погрешность индекса i и инструментальной s .

Высоту ориентира берут из навигационных пособий.

Изолиниями в этом способе являются линия истинного пеленга и дуга окружности. Чтобы найти место, от ориентира прокладывают на карте исправленный пеленг и по нему делают засечку циркулем радиусом, равным расстоянию D , рассчитанному или выбранному из таблиц.

Пример. Высота ориентира над уровнем моря $H = 50$ м, отсчет вертикального угла, измеренного секстаном $\gamma' = 0^{\circ}18',5$, поправки секстана ($i + s$) = $-1,5'$. Найти расстояние D до ориентира.

Решение:

$$1. \gamma = \gamma' + (i + s) = 0^{\circ}18',5' + (-1,5') = 0^{\circ}17'$$

$$2. D = 1,86 \frac{H}{\gamma} = 1,86 \frac{50}{17} = \frac{93}{17} \approx 5,5 \text{ мили.}$$

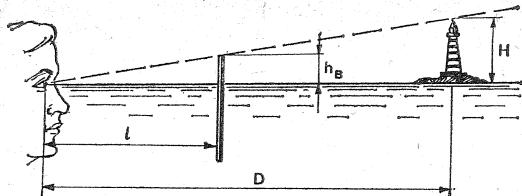


Рис. 82. Определение расстояния по высоте предмета с помощью линейки

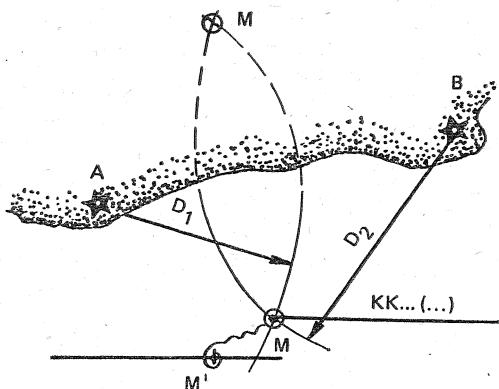


Рис. 83. Определение места по двум расстояниям

Определение места по расстояниям. Приведенный способ определения расстояния по вертикальному углу довольно точен, но требует достаточного навыка в работе с секстантом.

Существует проверенный практикой способ определения расстояния с помощью обычной школьной линейки, в основе которого лежит теорема о пропорциональности сторон подобных треугольников. Действительно, если известны истинная высота ориентира H (м), длина вытянутой руки l (см) и видимая высота ориентира h_B (см), снимаемая по шкале линейки на вытянутой руке (рис. 82), то расстояние от яхты до ориентира можно вычислить по формуле:

$$D = H \cdot \frac{l}{h_B} \text{ (м).} \quad (52)$$

Место яхты, обсервованное по двум расстояниям, получают в пересечении окружностей с центрами при ориентирах, описанных радиусами, равными измеренным расстояниям (рис. 83).

Иногда, особенно в ночное время, пеленг и расстояние до ориентиров (маяков, огней, знаков) определяют в момент их открытия, пользуясь формулами (24), (25) и (27). На линии истинного пеленга откладывают рассчитанное расстояние до ориентира и получают ориентировочное, или опознанное, место яхты, которое необходимо уточнять по мере приближения к берегу.

6.6. Радионавигация на яхте

Плавание вне видимости берегов или в сложных метеорологических условиях, например в тумане, полностью исключает возможность использования визуальных способов и средств определения места яхты в море. В этих случаях на помощь приходит радиопеленгование с использованием радиомаяков и радионавигационных систем.

Преимуществом этих средств является их независимость от условий видимости и большой радиус действия, значительно превышающий возможности визуальных средств.

Суть радиопеленгования заключается в определении направления на работающую радиостанцию с помощью радиопеленгаторов. Для этого разворачивают антенну или искательную катушку гониометра таким образом, чтобы добиться минимального уровня сигнала радиомаяка, при котором снимают с азимутального круга отсчет радиокурсового угла (РКУ). Одновременно замечают курс и рассчитывают радиопеленг (РП): $\text{РП} = \text{ИК} + \text{РКУ}$.

Однако далеко не все яхтсмены имеют возможность применить на своей яхте дорогостоящие фирменные радиопеленгаторы. Часто с успехом

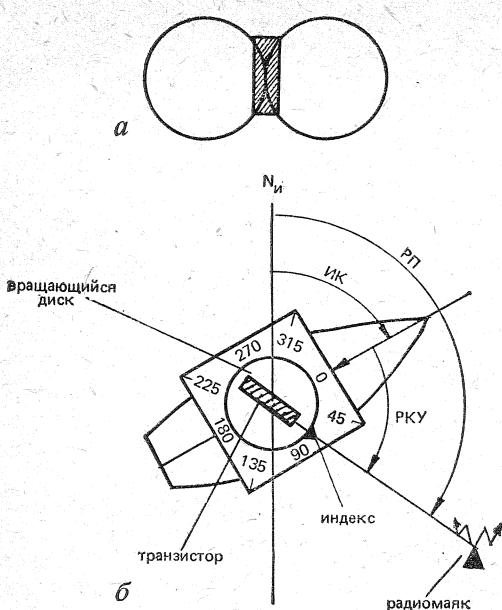


Рис. 84. Использование транзистора с азимутальным планшетом для радиопеленгования:
а — направленность ферритовой антенны; б — планшет для радиопеленгования

используют обычные транзисторные радиоприемники, имеющие длинноволновый диапазон. Наиболее удобны для этого радиоприемники типа ВЭФ.

Ферритовые антенны, применяемые в транзисторах, имеют диаграмму направленности в виде восьмерки (рис. 84, а). У такой антенны громкость приема наибольшая в том случае, когда приемник обращен к радиомаяку лицевой или тыльной стороной, а наименьшая (отсутствие приема) — с торца стержня антенны. Пеленгование производят по минимуму слышимости разворотом торца транзистора на радиомаяк. Для этого приемник устанавливают (в ограничительные гнезда) на врачающийся диск, ось которого закреплена на планшете, имеющем азимутальный лимб (рис. 84, б). Азимутальный лимб на планшете разбивают на 360° по часо-

вой стрелке с разметкой через 1° вокруг диска.

Планшет ориентируют линией $0-180^{\circ}$ параллельно диаметральной плоскости яхты. Для снятия отсчета РКУ с азимутального лимба на диске у торца транзистора установлен индекс, ориентированный по оси, проходящей через центр диска и середины торцов транзистора.

При использовании приемника ВЭФ надежное радиопеленгование возможно на удалении от радиомаяка, составляющем $0,5-0,7$ его дальности действия. Все сведения о работе радиомаяков даются в книгах «Радиотехнические средства навигационного оборудования» (РТСНО).

Радиодевиация и ошибки радиопеленгования. Приходящие волны пеленгуемой станции возбуждают э. д. с. не только в рамке радиопеленгатора, но и в металлических частях корпуса, рангоута и такелажа, вызывая в них вторичное излучение электромагнитной энергии, которая отклоняет радиоволну на некоторый угол f , называемый радиодевиацией (рис. 85). Поэтому для получения истинного радиокурсового угла (ИРКУ) необходимо измеренный РКУ исправить радиодевиацией f : ИРКУ = РКУ + f . Радиодевиацию принято считать положительной, когда ИРКУ численно больше РКУ, и отрицательной, когда ИРКУ меньше РКУ.

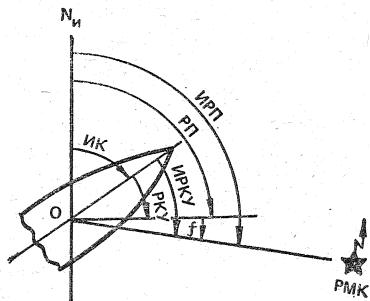


Рис. 85. Учет радиодевиации

На яхтах, изготовленных из немагнитных материалов, магнитное поле, как правило, невелико и радиодевиацию не учитывают. При необходимости же ее можно определить сравнением РКУ, взятыми на передающую станцию через каждые 10° , с визуальными курсовыми углами на ту же станцию. Тогда $f = \text{КУ} - \text{РКУ}$.

По данным наблюдений и расчетов составляют таблицу и график радиодевиации. Радиопеленг, исправленный радиодевиацией, называют истинным радиопеленгом (ИРП):

$$\text{ИРП} = \text{РП} + f = \text{ИК} + \text{РКУ} + f. \quad (53)$$

Ошибка в снятии курса при радиопеленговании целиком войдет в радиопеленг, поэтому от штурмана и рулевого яхты требуется хорошая тренированность. Ошибки радиопеленгования могут быть вызваны еще тремя основными эффектами: антенным, береговым и ночных.

Антиенный эффект вызывает расплывчатость минимума. Его устраняют с помощью компенсирующей вертикальной антенны.

Береговой эффект иногда называют береговой рефракцией, или радиосклонением. Он возникает вблизи берега при переходе радиоволновой линии раздела воды и суши (или ледового покрова) и проявляется в изменении направления радиоволны. Оно тем больше, чем острее угол между радиопеленгом и береговой чертой. Если этот угол менее 20° , то радиопеленг недостоин; если угол близок к прямому, то рефракция практически отсутствует. С удалением от берега на расстояние десяти длин волн и более береговой эффект не проявляется.

Ночной эффект заметно проявляется в течение двух часов до и после восхода и захода солнца и выражается в расплывчатости минимума, ухудшении слышимости и изменении направления радиопеленга. Устранить или учесть ночной эффект невозможно.

Во избежание воздействия ночного эффекта рекомендуется не пользоваться радиопеленгатором в указанные сроки.

При благоприятных условиях суммарная средняя квадратическая ошибка определения радиопеленга составляет $\pm 1-2^{\circ}$, а ночью может достигать $\pm 4-5^{\circ}$.

Для большей уверенности определения момента, соответствующего минимуму приема, целесообразно применять миллиамперметр для визуальной индикации. Его включают в гнездо на задней крышке приемника, предназначенное для подключения дополнительного динамика.

Определение места яхты по радиопеленгам. Процесс радионавигационной обсервации включает подготовку к наблюдениям, наблюдения (радиопеленгование), вычисления и прокладку на карте.

При подготовке подбирают подходящие радиомаяки и выписывают их данные: позывные, длину волны или частоту и расписание работы в группе. При наличии выбора предпочитают более мощные радиомаяки.

При наблюдениях сначала опознают радиомаяк по его позывному сигналу, затем врашают рамку или искательную катушку гониометра радиопеленгатора либо разворачивают транзисторный приемник, установленный на диске планшета, до получения минимума слышимости сигнала. В момент минимума замечают отсчет РКУ и одновременно делают отсчет РП (при совмещении компасной картушки и лимба гониометра) или КК по компасу, которые записывают с указанием времени.

Для большей точности пеленгования по каждому радиомаяку проводят 2—3 наблюдения и рассчитывают средние данные. После наблюдений вычисляют ИРП по формуле (53).

Место яхты на карте по радиопеленгам получают теми же способами,

что и по визуальным направлениям на наземные ориентиры: по 2—3 радиопеленгам, по двум углам, по радиокрюйс-пеленгу.

Однако здесь есть некоторые особенности, которые надо учитывать прежде чем прокладывать на карте радиопеленги.

Известно, что радиоволны от пеленгующей станции к яхте проходят по кратчайшему расстоянию — дуге большого круга (ортодромии), изображаемой на карте (меркаторской проекции) кривой линией. Радиопеленг, называемый также **ортодромическим пеленгом** (Опт П), пройдет по касательной к этой линии, уклонившись от локодромического пеленга (Лок П), представляющего на карте прямую линию, на угол ϕ , который называют ортодромической поправкой, или поправкой Живри. Отсюда

$$\text{Лок П} = \text{Опт П} + \phi = \text{ИРП} + \phi. \quad (54)$$

В северном полушарии поправка ϕ положительна, если радиомаяк восточнее наблюдателя, и отрицательна, если радиомаяк находится западнее.

Величина ортодромической поправки выбирается из таблицы 23 (МТ-75) либо рассчитывается по формуле:

$$\phi = 0,5 \text{ РД} \cdot \sin \Phi_{cp}, \quad (55)$$

где РД — разность долгот между яхтой и радиомаяком;
 Φ_{cp} — средняя широта между ними.
 При одноименных широтах

$$\Phi_{cp} = \frac{1}{2} \left(\Phi \text{ яхты} + \Phi \text{ РМ} \frac{\text{ка}}{\text{ка}} \right).$$

На малых расстояниях, при которых $\psi \leqslant 0,^{\circ}3$, эта поправка не учитывается. В приложении 3, г приведена таблица предельных расстояний, не требующих введения ортодромической поправки.

Прокладку линий положения (ИРП или Лок П) на карте производят аналогично способам визуальных определений. Место яхты принимают в пере-

сечении линий положения и обозначают ромбом с указанием времени.

Если между взятиями различных пеленгов значительные промежутки времени, то их приводят к моменту последнего измерения, пользуясь методом крюйс-пеленга.

Определение места по секторным радиомаякам. Секторные радиомаяки позволяют определять место яхты в море с помощью обычного широковещательного приемника. Дальность их действия составляет днем 1000 миль, ночью — 1500 миль, а точность определения места выше, чем по радиомаякам кругового действия. Рабочая длина волны секторных радиомаяков около 1000 м.

Секторные маяки излучают сигналы по секторам в виде точек и тире. Характер и количество принятых сигналов позволяют определить сектор и положение наблюдателя относительно его границы, т. е. линию положения наблюдателя, являющуюся, по сути дела, ортодромическим пеленгом.

Определяют место обычно по двум секторным радиомаякам. Для наблюдений на яхте достаточно любого приемника, имеющего длинноволновый диапазон, а также специальные радионавигационные карты, которые издаются для районов, обслуживаемых секторными радиомаяками.

Если на яхте нет специальных радионавигационных карт, то место получают на обычной навигационной карте в точке пересечения радиопеленгов, выбираемых из таблиц в книге РТСНО.

6.7. Плавание при ограниченной видимости и в стесненных условиях

Малая видимость может возникнуть из-за осадков, пурги, тумана и составлять от нескольких кабельтовых до 20—40 м. В тумане становятся невидимы огни маяков, знаков, судов, и другие средства навигационного обес-

печения. Повышается вероятность столкновения с другими судами. При плавании в мелководном районе возникает опасность посадки яхты на мель.

При первых признаках снижения видимости и появления тумана капитан яхты должен надежно определить свое место и при необходимости изменить курс, чтобы обеспечить безопасное плавание в тумане или стать на якорь в районе, удаленном от рекомендованных курсов судов.

Счисление пути в тумане должно вестись особенно тщательно, с учетом поправок приборов, а при необходимости дрейфа и течения. Участие в этом и контроль капитана яхты обязательны. В отсутствие лага периодически (ежечасно) измеряют скорость хода, чтобы учитывать ее при счислении. Необходимо определять свое место по радиомаякам и измерять глубину при наличии эхолота и отличительных глубин, используя комбинации радиопеленгов с измеренными глубинами. Иногда, если радиомаяк (в том числе аэромаяк) находится по маршруту плавания и позволяет навигационная обстановка, то с помощью радиопеленгования радиомаяк приводят на курсовой угол 0° и продолжают идти на него, периодически определяя секущие пеленги (при возможности) и уточняя таким образом место яхты.

Кроме того, при плавании в условиях малой видимости включают ходовые огни, держат у рулевого наготове мощный фонарь, ракетницу с белой звездой и фальшфейеры, поднимают радиолокационный отражатель, готовят к отдаче якорь и дают туманные сигналы согласно ППСС. Одновременно выставляют впередсмотрящего для наблюдения и прослушивания туманных сигналов судов и средств ограждения. На яхте соблюдается тишина.

Если капитан яхты не уверен в без-

опасности плавания, то необходимо, когда возможно, отдать якорь и отстояться до уточнения обстановки.

К стесненным условиям относят участки плавания вблизи берегов, островов, навигационных опасностей. Это могут быть проливы, шхеры, каналы и другие узкости. При плавании в стесненных районах пользуются картами крупных масштабов. Предварительно тщательно изучают район предстоящего плавания, навигационную обстановку в нем, систему ограждения (берегового и плавучего), подбирают ведущие и секущие поворотные створы и места возможных якорных стоянок.

Следует помнить, что в узкостях повышается опасность столкновения, особенно на створах и фарватерах с активным движением судов и кораблей. При наличии двигателя такие участки проходят под мотором.

При проходе стесненных районов местность постоянно сличают с картой. Яхту ведут по рассчитанному КК, определяя место как пеленгованием, так и глаз при проходе в непосредственной близости от опознанного плавучего знака.

Опознавая имеющиеся на карте ориентиры — острова, мысы, знаки ограждения, замечают время (при наличии — и лаг), делают карандашом пометки на карте и в блокноте, одновременно выбирают с карты ориентиры, которые должны открыться, и ищут их в соответствующем направлении. Время и место всех поворотов отмечают карандашом на карте и записывают в блокнот, анализируя расхождение расчетных и фактических данных. Если есть лаг, сравнивают проходимые между знаками расстояния по лагу и по карте. По мере необходимости нужно проверять глубину лотом или эхолотом.

Надо помнить, что слепо полагаться на положение плавучих знаков нельзя, нужно подстраховывать их конт-

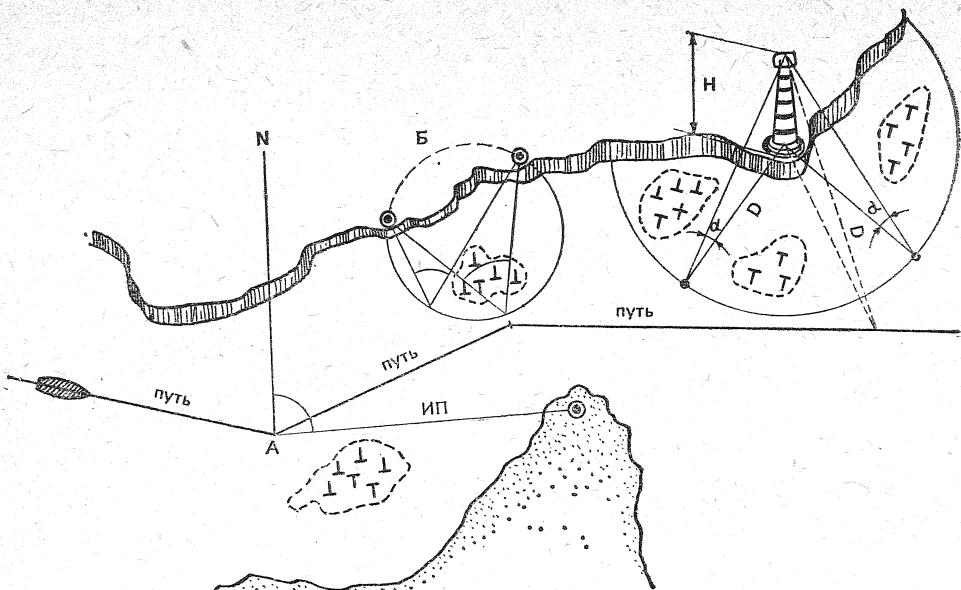


Рис. 86. Ограждающие (опасные) изолинии:
ИП — опасный пеленг, β — горизонтальный угол опасности; опасное расстояние (D) и вертикальный угол опасности (α)

рольными пеленгами, например, при каждом повороте.

Для обеспечения безопасности плавания в узостях нередко применяют метод ограничительных (опасных) изолиний. Чаще применяют ограничительный пеленг. Для этого от хорошо видимого ориентира проводят на карте линию пеленга, ограничивающую опасность (рис. 86). При проходе мимо этой опасности следят, чтобы пеленги на этот ориентир были больше (меньше) ограждающего пеленга.

6.8. Судовой журнал и его ведение

Судовой журнал — основной документ на яхте в плавании. В нем отражают все навигационные и метеорологические элементы плавания, внешней обстановки и режима. В походах ведут его непрерывно с момента прибытия экипажа на яхту перед выходом и до окончания плавания.

На титульном листе журнала пишут название яхты, яхт-клуб, порт приписки и даты начала и окончания ведения журнала. Следующие несколько листов содержат бланки различных навигационных таблиц и графиков. Среди них: таблицы и график девиации и радиодевиации, таблица определения скорости по базе или способом «голландского лага», поправки лага, таблица значений углов дрейфа.

Записи в судовом журнале делает вахтенный начальник — он ставит в нем свои подписи при приеме и сдаче вахты. Капитан яхты несет ответственность за своевременное и исчерпывающее заполнение всех граф журнала.

С началом плавания на первой странице в верхней строке пишут название пункта отхода, дату и месяц. Затем время снятия с якоря и швартов, цель и маршрут плавания, состав экипажа с указанием должно-

стей, данные о ветре, волнении, видимости и поставленных парусах либо о включении двигателя и эволюциях яхты при выходе из гавани.

Далее на той же правой странице должны идти записи о прохождении фарватеров и траверзов, вех, буев, знаков с указанием их названий, расстояний и борта прохождения знаков (правый, левый), а также следующие сведения:

— курсы относительно ветра и компасного меридиана и их изменение;

— прохождение створов с указанием КП створа и ΔK ;

— способы обсервации с указанием объектов наблюдений, значение измеренных навигационных параметров и поправок приборов, величина и направление невязки, суждение о ней и решение о принятии в расчет полученной обсервации;

— значение отдельных измеренных навигационных параметров на ориентиры и их название;

— работа с парусами (смена, рифление, уборка и т. п.);

— изменение направления и силы ветра, волнения, видимости;

— моменты начала и окончания учета дрейфа с указанием знака и величины угла α ;

— моменты начала и окончания учета сноса от течения с указанием направления и величины вектора течения, а также знака и величины угла β ;

— результаты измерения скорости хода с указанием способа измерения;

— время вхождения в полосу тумана и принятые меры;

— подача туманных сигналов;

— включение ходовых огней;

— судовые работы;

— время и место досмотра яхты кораблями погранвойск;

— случаи несоответствия навигационного ограждения в районе плавания данным карт и пособий;

— касание грунта, посадка на мель и снятие с нее;

— аварии, поломки рангоута, частей корпуса, приборов, случаи разрыва парусов, такелажа и утраты имущества;

— случаи перехода на другую карту с указанием координат точки перехода;

— вход в стесненный район, гавань, канал;

— спуск на воду рабочего тутика и подъем его;

— постановка на якорь, глубина и грунт в районе отдачи якоря, длина вытравленного якорного каната, компасные пеленги на береговые ориентиры и т. д.

Все записи на правой странице журнала привязывают ко времени, а если есть лаг, записи навигационных элементов содержат также отсчеты лага.

Левая страница журнала заполняется в соответствии с ее графиками при каждом изменении курса и смене вахты. При плавании в узостях в условиях, требующих непрерывного или частого изменения курса, в графике «Курс» пишут «пер» (переменный). При наличии лага его отсчет пишут в графике З; если лага нет, пишут скорость в узлах.

Правая и левая страницы связаны между собой по времени, и если одна из них заполнена полностью, то на оставшемся свободном месте другой страницы проставляют «зэт» и следующие записи продолжают на новых страницах.

Во время вахты записи часто ведут в черновом блокноте, а затем к сдаче вахты переносят их в судовой журнал.

По окончании каждого перехода капитан яхты (штурман) записывает на левой странице пройденное за время перехода расстояние по генеральному курсу и фактическое число ходовых часов (с учетом лавировки), среднюю

скорость по генеральному курсу и по прокладке.

Все записи в судовом журнале делают аккуратно простым карандашом. Стирать ошибочные записи запреща-

ется. Ошибки в записях зачеркивают тонкой линией, заключают в скобки, делают сноску «зачеркнуто», и ведущий журнал ставит свою подпись.

Глава 7

МОРСКАЯ АСТРОНАВИГАЦИЯ

Астрономические средства и методы навигации применяют в открытом море, а также в прибрежных плаваниях, когда береговые ориентиры не видны или не опознаны.

Морская астронавигация решает три основные задачи ориентирования: определение времени, управление движением судна относительно направления на небесное светило при плавании без компаса или определение поправки компаса по наблюдению светила, определение географических координат места судна по наблюдениям направлений на светила для контроля счисления его пути.

Штурманскую квалификацию яхтенного капитана лучше всего характеризует качество его астронавигационных обсерваций. Для решения астронавигационных задач в полном объеме и с высокой точностью, обеспечивающей плавание в открытом море, на яхте необходимо иметь: транзисторный радиоприемник для приема радиосигналов времени, навигационный секстан, хорошие влагозащищенные часы (лучше всего электронные или кварцевые, со стрелочной индикацией), микрокалькулятор типа «Электроника»* или таблицы «Высоты и азимуты светил (ВАС-58)», изданные ГУНиО, Морской Астрономический Ежегодник (МАЕ) или другое пособие для вычисления координат светил.

Если какой-либо из упомянутых ин-

струментов или пособий на яхте отсутствует, снижается точность и частота обсерваций астронавигационного ориентирования.

7.1. Небесные ориентиры, их координаты и видимые движения

Ориентирами в астронавигации являются небесные светила: звезды, Солнце, Луна и наиболее яркие планеты (Венера, Марс, Юпитер, Сатурн).

Навигационные звезды. Навигационными называют наиболее яркие звезды, которые наблюдают для ориентирования (основные перечислены в приложении 4, а). Звезды опознают по их расположению в созвездии — в характерной фигуре, образованной группой соседних звезд на небосводе, а также по их видимому блеску.

Блеск звезд сравнивают с помощью условных чисел — звездных величин, шкала которых имеет вид:

... -2, -1, 0 +1, +2, +3, +4, +5 ...
блеск сильнее блеск слабее

Блеск $m=0$ присвоен самой яркой звезде летнего неба Веге а Лиры. Почти такой же яркости звезда Арктур (а Волопаса). Звезда Альтаир (а Орла) имеет $m \approx 1$, и она считается в 2,5 раза слабее по блеску, чем Вега; звезда Дубхе (а Большой Медведицы) имеет блеск $m=2,0$, и она видна слабее Веги в $2,5 \times 2,5 \approx 6$ раз. Буквой «альфа» обычно обо-

* Например, БЗ-18М, БЗ-32, Б-34, БЗ-37, БЗ-38, МК-41.

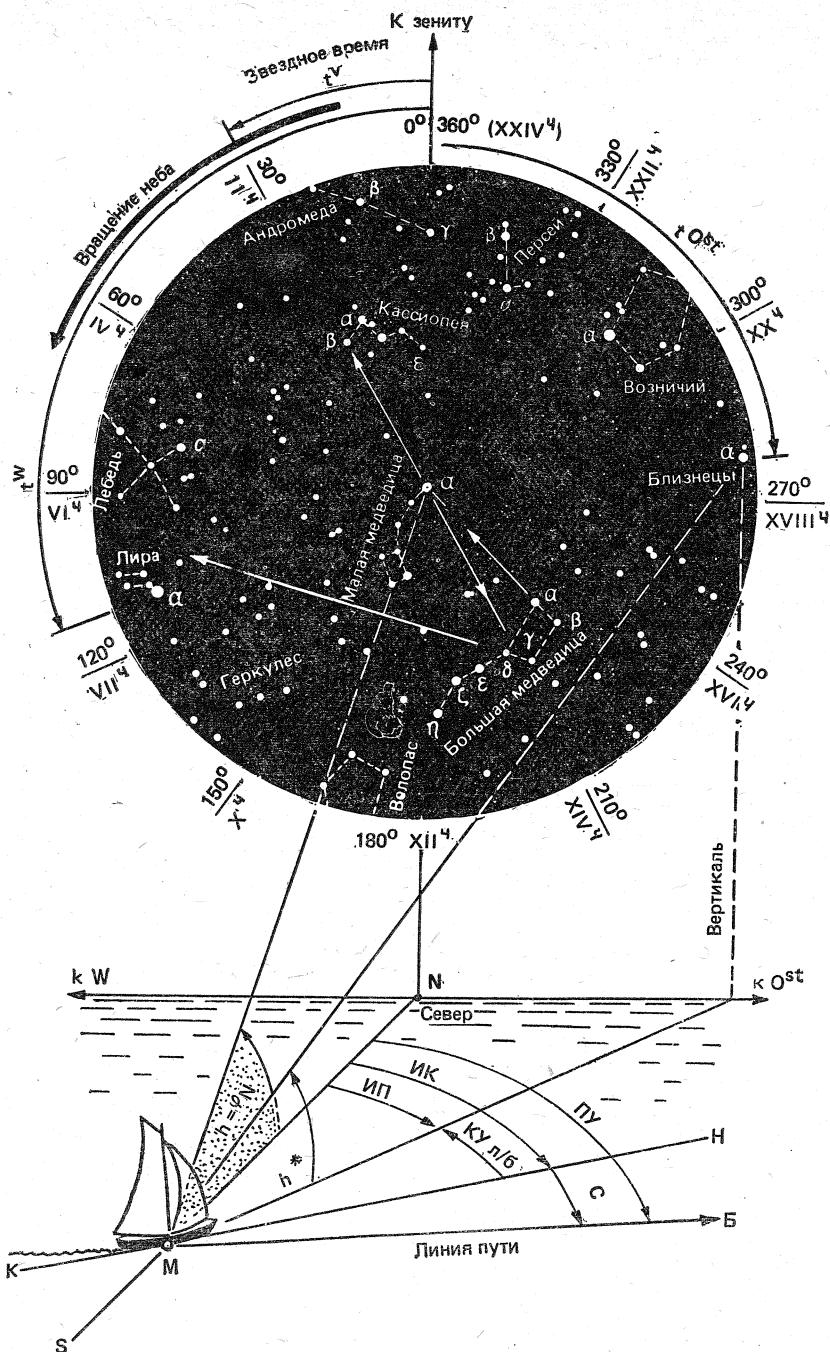


Рис. 87. Ориентирование по направлению на север, во времени и по широте места яхты по наблюдению за созвездиями северного неба

значается самая яркая звезда того созвездия, название которого указано.

Приступая к самостоятельному изучению звездного неба, определяют по компасу направление на точку севера N (рис. 87). Над точкой N в угловом расстоянии h , равном географической широте места наблюдений ϕ , расположена звезда Полярная (α Малой Медведицы). Приближенно можно полагать, что с Полярной совпадает точка P_N — Северный полюс мира. Угол между плоскостью горизонта и направлением на наблюдавшее светило называется высотой светила. Высота Полярной приближенно равна географической широте места яхты.

Земная атмосфера наблюдается на-ми в форме приплюснутого над головой «небесного свода». Этоискажает глазомерно измеряемые высоты: наблюдавшая невооруженным глазом высота светила обычно представляется на $15-20^\circ$ больше истинной высоты.

Направление на наблюдавшее светило определяет его истинный пеленг ИП; в астронавигации эту координату часто называют круговым азимутом и обозначают A_α . При вычислениях удобно измерять азимут «вполкруга»: в северной широте — от точки севера N по горизонту, в направлении точек востока или запада, в пределах $0-180^\circ$. Полукруговой азимут обозначают A_ϕ и записывают в форме, например, $A_\phi = N68^\circ O^{st}$. Если компас не имеет пеленгатора, то ИП светила можно найти, заметив в один и тот же момент курсовой угол светила и курс яхты: ИП = ИК \pm КУ (знак ставится в зависимости от наименования борта: (—) соответствует левому борту). ИП Полярной близок к 0° , поэтому ИК приближенно равен КУ Полярной. На рис. 87 звезда Кастор (α Близнецов) видна по направлению ИП * = 68° на высоте $h^* = 25^\circ$, если наблюдения ведутся на широте $\phi \approx 44^\circ N$ (Севастополь, Владивосток).

Высота и азимут (горизонтальные координаты) вполне определяют положение видимого места светила, поскольку их отсчитывают от горизонта (высота), либо измеряют по горизонту (азимут). Высоту можно измерить с помощью секстанта или астролябии, круговой азимут — с помощью компаса и пеленгатора.

Опознав Полярную, легко найти созвездие Большой Медведицы (Большой Ковш) и «девичью грудь» Кассиопеи — оба эти созвездия расположены на небосводе в угловом удалении $30-40^\circ$ по обе стороны от Полярной; при наблюдениях на наших морях они всегда расположены над горизонтом. Большую Медведицу легко запомнить и быстро отыскать на небе, относительно нее просто опознать другие созвездия и навигационные звезды:

— по направлению от β на α Большой Медведицы (и в удалении, равном пяти расстояниям $\beta-\alpha$) находится Полярная и «Малый Ковш» созвездия Малой Медведицы;

по направлению γ Б. М.—Полярная и на таком же расстоянии от Полярной находится Кассиопея;

— по направлению $\gamma-\delta$ Б. М. видны созвездия Лиры и Лебедя, входящие вместе с созвездием Орла в «летний треугольник»;

— по направлению $\delta-\alpha$ Б. М. виден Возничий.

Для изучения других созвездий служит карта звездного неба, прилагаемая к МАЕ и помещенная на форзаце книги.

На рис. 88 изображен земной шар и показано географическое место яхты M , имеющее координаты ϕ и λ^{st} . Затем произвольным радиусом из центра Земли описана вспомогательная небесная сфера, и на ней показано видимое место светила σ' как точка пересечения поверхности сферы и пришедшего от очень удаленного светила луча света; аналогичная точка на поверхности

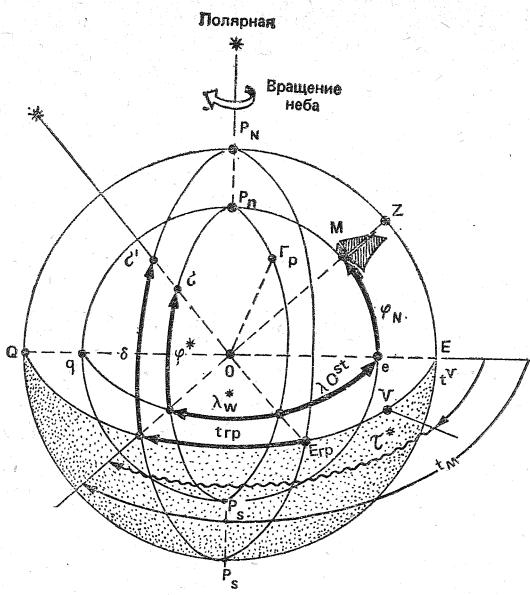


Рис. 88. Географические и экваториальные координаты, определяющие положение географических и видимых мест светил

Земли называется географическим местом светила σ (или ГМС).

Если через географическое место светила σ провести меридиан $P_N\sigma P_s$, а через видимое место светила провести аналогичный небесный меридиан $P_N\sigma'P_s$, то нетрудно определить положение географического и видимого места светила в географической системе координат:

— широте ГМС ϕ^* на сфере соответствует дуга меридиана δ , в астронавигации ее называют склонением светила; склонение измеряют так же, как и географическую широту; при плавании в северном полушарии северное склонение считается положительной величиной, а южное — отрицательной;

— долготе ГМС λ^* на сфере соответствует дуга экватора $E_{rp}E^* = t_{rp}$, в астронавигации ее называют гринвичским часовым углом светила и измеряют аналогично географической долготе или же в круговом счете — от не-

бесного гринвичского меридиана по экватору всегда в сторону запада от 0 до 360° .

Положение меридиана видимого места светила на небесной сфере можно определить не только от гринвичского меридиана. Из рис. 88 видно, что дуга экватора от местного небесного меридиана до меридиана видимого места светила измеряет местный часовой угол t_m (его отсчитывают аналогично гринвичскому, но за начало отсчета принята точка Е экватора на полуденной части P_NEP_s местного меридиана). Местный часовой угол отличается от гринвичского на величину долготы места яхты:

$$t_m^W = t_{rp}^W \pm \lambda_W^{ost}, \quad (56)$$

где восточная долгота прибавляется к t_{rp}^W кругового счета, а западная — вычитается.

Часовой угол светила можно также отсчитать круговым счетом от той точки экватора, в которой Солнце расположено на небосводе в день наступления весны — 21 марта. Эта точка называется точкой весны (точкой Овна) и обозначается Υ . Отсчитанный от точки Овна часовой угол называется звездным углом (в МАЕ он назван звездным дополнением) и обозначается τ^* .

Величина $360^\circ - \tau^* = a$ называется прямым восхождением и отсчитывается противоположно звездному углу. Прямые восхождения получают из МАЕ для указания видимых мест планет, Луны и Солнца.

Координаты δ , t_{rp} , t_m , τ^* , a в полне определяют положение на небесной сфере и на звездной карте небесной параллели светила (склонение) и небесного меридиана светила (одна из величин: t_{rp} , t_m , или τ^* , a). Эти координаты называют экваториальными, на яхте их вычисляют по МАЕ или другому пособию на момент наблюдений светила.