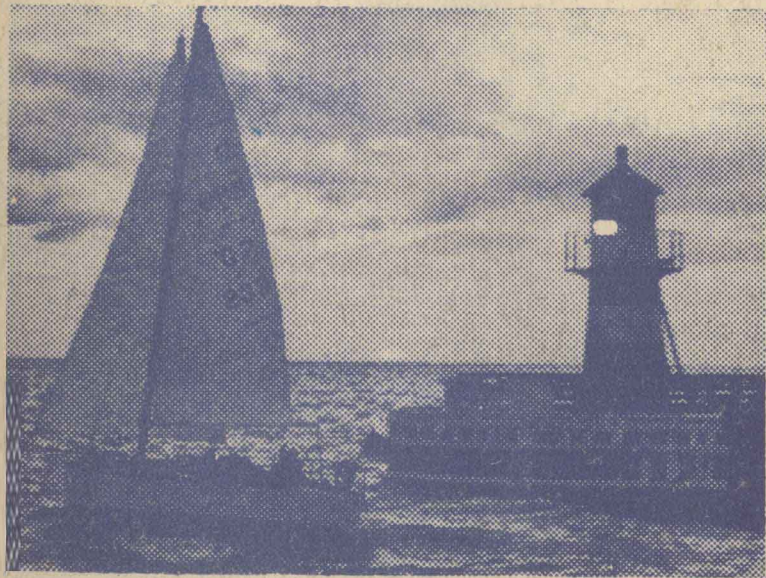


Библиотека
журнала
**"КАТЕРА
И ЯХТЫ"**



Б. Г. МОРДВИНОВ
В. Т. КОНДРАШИХИН
Р. А. СКУБКО

Средства навигации малых судов



Судостроение

Библиотека журнала

„КАТЕРА
и ЯХТЫ”



Б. Г. МОРДВИНОВ
В. Т. КОНДРАШИХИН
Р. А. СКУБКО

Средства навигации малых судов

СПРАВОЧНИК



Ленинград
«Судостроение»
1986

ББК 39.471—5
М 79
УДК 629.12.053(031)

Рекомендовано редколлегией журнала «Катера и яхты»

Рецензент канд. техн. наук Ю. С. Дубинко

Научный редактор докт. воен. наук, проф. Р. А. Скубко

Мордвинов Б. Г., Кондрашихин В. Т., Скубко Р. А.
М79 Средства навигации малых судов. Л., Судостроение, 1986, 168 с, ил.— (Б-ка журнала «Катера и яхты»).

ИСБН

Рассмотрены принципы действия и устройства основных средств навигации малых судов, их применение с использованием программируемых электронных микрокалькуляторов. Даны основные понятия навигации, необходимые для уяснения принципов работы средств, предназначенных для измерения времени, направлений и расстояний на море.

Особое внимание уделено повышению безопасности плавания малых судов путем применения оптимальных методов обработки поступающей к судоводителю навигационной информации с помощью программируемых микрокалькуляторов типа «Электроника» БЗ-34. Изложены вопросы комплексного решения задач навигации на малых судах на основе внедрения микроЭВМ в сочетании со спутниковой навигационной системой.

Предназначена для судоводителей малых судов морского, промыслового и спортивного флотов и всех лиц, интересующихся современным мореплаванием.

М $\frac{3605030000-047}{048(01)-86}$ 69—86

39.471—5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из главных требований, предъявляемых к судовождению, является обеспечение его безопасности. От выполнения этого требования в значительной мере зависит эффективность работы транспортного и промыслового флотов, охрана жизни на море, охрана природной среды от загрязнения, возникающего при авариях судов. Большую роль в обеспечении безопасности мореплавания играют навигационные средства, которые позволяют выбирать оптимальные методы вождения судов, определять местонахождение, направление, скорость и другие параметры их движения.

Судовождение может рассматриваться как эрготическая система, образованная совокупностью имеющихся на борту судна технических средств навигации, непрерывно изменяющихся условий внешней среды и деятельности судоводителя. Наименее надежным звеном в этой системе является последнее. Судоводитель несет ответственность за полноту обобщения получаемой от технических и иных средств навигационной информации, за правильные и своевременные выводы о целесообразности и безопасности дальнейшего движения судна по намеченному пути.

Полная и своевременная обработка навигационной информации является проблемой на малых судах. Ее решение может быть в значительной степени облегчено внедрением электронных клавишных вычислительных машин (микрокалькуляторов), как специализированных навигационных, так и универсальных. В настоящее время появились универсальные и специализированные вычислительные машины, сравнительно дешевые и малогабаритные, применение которых на малых судах вполне целесообразно. Это отечественные специализированные электронные клавишные вычислительные машины (ЭКВМ) типа «Контакт-Н» (их модификации «Клейстер-Н», «Спика»); универсальный программируемый электронный микрокалькулятор (ПЭМК) типа «Электроника» БЗ-34 (его модификации МК-52, МК-61 и др.). Из зарубежных ЭКВМ используется навигационный микрокалькулятор «Тамаяя» NC-77 и универсальная ЭКВМ «Хьюлет-Паккард» HP-97.

Использование электронных микрокалькуляторов, особенно программируемых, например типа «Электроника» БЗ-34, МК-56, МК-54, МК-52 позволяет автоматизировать обработку навигационной информации и тем самым избежать возможности неполного или неверного ее анализа, который мог бы привести к опасной ситуации. Это особенно важно на малых судах, где функции управления не дублируются несколькими судоводителями.

Эффективность использования технических средств навигации на малых судах может быть существенно повышена за счет применения более строгих в научном отношении, но сложных мате-

матических методов решения навигационных задач, что также возможно только при использовании вычислительной техники.

Вместе с тем внедрение таких методов и вычислительной техники предъявляет к судоводителю новые требования. Традиционное личное искусство судоводителя в ведении навигационной прокладки на карте является ныне недостаточным. Современная навигационная техника требует от него знания теоретических основ судовождения на уровне, обеспечивающем понимание существа заложенных в алгоритмы методов, что позволит ему сохранить за собой творческое начало в постановке и решении задач судовождения на ЭВМ, принимать оптимальные решения на основе машинной обработки навигационной информации.

Внедрение ЭКВМ освобождает судоводителя от вычислительного труда и позволяет ему сосредоточить усилия на управлении судном. Если при традиционных табличных и графических методах решения задач навигации судоводитель затрачивал на обработку навигационной информации от 40 до 70 % времени несения вахты, то при использовании ЭКВМ он получит результаты в считанные минуты, к тому же более надежные и точные.

Новые возможности для повышения эффективности и надежности судовождения на малых судах появились с созданием миниатюрных ЭВМ, нашедших применение прежде всего в судовой спутниковой навигационной аппаратуре. На базе спутниковых навигационных систем созданы навигационные комплексы, позволяющие в высокой степени автоматизировать судовождение.

При написании книги авторы ставили целью показать методологические связи между принципами работы современных технических средств навигации, понимание которых особенно важно при использовании ЭКВМ; дать основы применения малой вычислительной техники в навигации, обращая внимание на практическую сторону дела; показать ближайшие перспективы применения спутниковых навигационных комплексов на малых судах. Изложение материала предусматривает его самостоятельное изучение и не требует профессиональной штурманской подготовки. В приложениях I и II книги приведены правила пользования микрокалькуляторами типа «Электроника» БЗ-34 и МК-54, а также даны Астронавигационные таблицы, позволяющие решать астронавигационные задачи на малых судах до 2000 г. Б. Г. Мордвиновым написаны гл. 1 (кроме § 4 и 5), 3, 4 (кроме § 13) и 7; В. Т. Кондрашихиним написаны § 4, 5, 13 и гл. 5; Р. А. Скубко написаны гл. 2 и 6, предисловие и приложения. В составлении программ для ПЭМК участвовали И. И. Домашний и Г. Е. Гладков.

Определять свое расположение на местности, координировать движение во времени и в пространстве — объективная необходимость для человека вообще, а для мореплавателя в особенности. Развитие наук, как отметил один из великих основоположников научного коммунизма Ф. Энгельс, началось с астрономии именно в силу практических потребностей в измерении времени, в определении места на земной поверхности и направления движения.

Исходными для ориентирования были выбраны устойчивые природные направления: направление оси вращения Земли $P_n P_s$ и направление силы тяготения G в данном месте M на земной поверхности. Обладая большой массой ($6 \cdot 10^{27}$ г), Земля быстро и в высокой степени равномерно вращается около оси $P_n P_s$ в направлении с запада на восток (против движения часовой стрелки, если смотреть со стороны P_n) и является массивным «гироскопом». Направление ее оси почти постоянно; сейчас оно близко к направлению на звезду α Малой Медведицы, именуемую Полярной (рис. 1). Угловая скорость вращения Земли равна $\omega_{\text{З}} = 15^\circ/\text{ч} = 15'/\text{мин}$; линейная скорость точки на ее экваторе составляет 900 уз (465 м/с). Направление силы тяготения также вполне определено, и отвес всегда укажет положение отвесной линии $Z_{\text{в}} MO'$ в данном месте M .

Землю для целей навига-

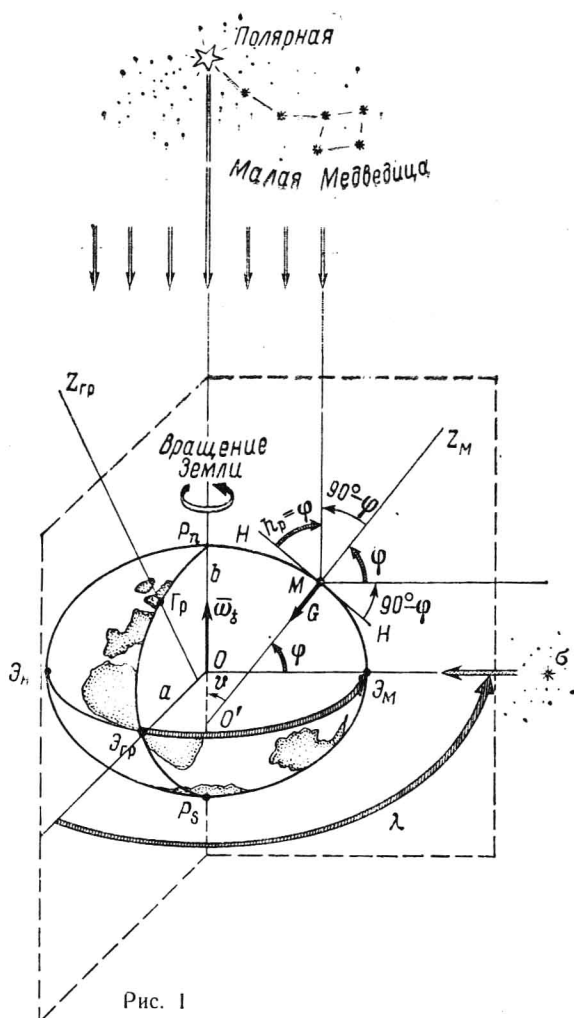
РАЗДЕЛ I

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ, ВРЕМЕНИ И ПРОЙДЕННОГО РАССТОЯНИЯ

Глава I

АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ

§ 1. Принципы измерения направления на море



ции принимают совпадающей с эллипсоидом вращения — фигурой, образуемой вращением эллипса с полуосями a и b около его малой оси $P_n P_s$. В СССР принят референцэллипсоид Ф. Н. Красновского, имеющий размеры $a = 6378,2$ км и $b = 6356,9$ км. При решении ряда задач прибрежной навигации Землю приблизительно принимают совпадающей с шаром радиусом $R_\delta = 6366,7$ км: при этом условии длина одной дуговой минуты на поверхности шара равна стандартной морской миле: $1' = 1$ миля = 1852 м. Для шара, равного по объему эллипсоиду, $R_\delta = 6371,1$ км.

Основной начальной плоскостью для измерения направлений на Земле является плоскость, проходящая через *ось вращения Земли* и *отвесную линию* в данном месте. В пересечении этой плоскости с поверхностью эллипсоида образуется меридианный эллипс $\mathcal{E}_M P_n \mathcal{E}_n P_s$. Различают полуденную часть меридианного эллипса $P_n \mathcal{E}_M P_s$ (ее освещает Солнце в момент полудня) и полуночную часть $P_n \mathcal{E}_n P_s$. Полуденную часть $P_n M \mathcal{E}_M P_s$ называют *меридианом места М* (от лат. meridies — полдень). На рис. 1 показан также *гринвичский меридиан* $P_n \mathcal{E}_{гр} P_s$, плоскость которого проходит через Гринвичскую обсерваторию *Гр*. В 1884 г. на основании международного соглашения этот меридиан был принят в качестве начального для определения положения меридианов других мест.

Географической долготой λ называется двугранный угол между плоскостью гринвичского $P_n \mathcal{E}_{гр} P_s$ и плоскостью местного $P_n \mathcal{E}_M P_s$ меридианов. Географическая долгота измеряется по экватору — окружности, образованной при пересечении эллипсоида плоскостью $\mathcal{E}_M \mathcal{E}_{гр} \mathcal{E}_n$, проходящей через центр Земли и перпендикулярной оси ее вращения. Счет долгот ведут от точки $\mathcal{E}_{гр}$ в полукруговой системе — от 0 до 180° к востоку (положительная долгота) или к западу (отрицательная долгота). В некоторых задачах навигации удобнее вести круговой счет долготы — от 0 до 360° в сторону запада. Для наблюдателя, стоящего лицом к Полярной звезде, восток расположен справа, а запад слева.

Долгота равна углу поворота Земли вокруг оси $P_n P_s$ за интервал времени от момента прохождения какой-либо звездой σ плоскости местного меридиана T_1 до момента прохождения ею плоскости гринвичского меридиана T_2 : $\lambda = \omega_\oplus (T_2 - T_1)$.

Географической широтой φ , определяющей положение данного места на меридиане, называется дополнение до 90° угла θ между направлением оси $P_n P_s$ и направлением отвесной линии $Z_M \text{МО}'$. Иначе говоря, географическая широта — угол между плоскостью экватора и направлением нормали к поверхности земного эллипсоида. Широта отсчитывается от плоскости экватора в пределах $0-90^\circ$ к северу (положительная) или к югу (отрицательная).

Плоскость *НН*, проведенная в месте наблюдений *М* перпендикулярно отвесной линии $Z_M M$, называется *плоскостью истинного горизонта*. Угол между плоскостью истинного горизонта и направлением оси вращения Земли называется высотой полюса над горизонтом, которая всегда равна географической широте: $h_p = \varphi$. При плавании в Северном полушарии Земли широта места φ может быть определена путем измерения высоты Полярной звезды над горизонтом.

Естественным путем направление меридиана в данном месте *М* может быть определено по Полярной звезде или по Солнцу

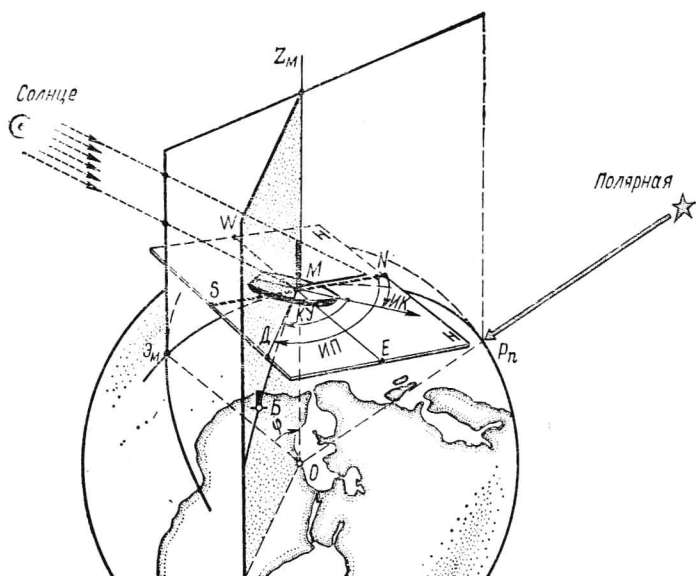


Рис. 2

в тот момент, когда оно наблюдается на наибольшей высоте над горизонтом (момент кульминации, полдень). Полярная смещена примерно на 1° от направления оси вращения Земли в сторону звезды Сегин (ϵ Кассиопеи). Если Сегин и Полярная наблюдаются в одной вертикальной плоскости, то это направление точно соответствует плоскости меридиана места $P_L M Э_M P_S$; сказанное справедливо и в том случае, когда в одной вертикальной плоскости наблюдаются звезды Полярная и Бенетнаш (η Большой Медведицы).

Если, пользуясь отвесом, в месте наблюдений M установить вертикальный шест, то в полдень тень от него будет кратчайшей длины и расположится в плоскости горизонта по линии NS , которую называют *линией истинного меридиана* (истинным меридианом) или *полуденной линией*. Направление полуденной линии определяет положение на горизонте точек севера N и юга S ; точки востока E и запада W расположены соответственно справа и слева от точки N на перпендикуляре к линии NS , как это показано на рис. 2.

Направлением с корабля или судна M на какой-либо наблюдаемый объект B называется линия MB , образуемая в пересечении вертикальной плоскости MBO с земной поверхностью. Пересечение проходящей через наблюдаемый объект вертикальной плоскости и плоскости горизонта образует линию пеленга MD .

Положение линии пеленга относительно начального направления — истинного меридиана места M — определяет истинный пеленг (ИП), или тождественный ему круговой азимут $A_{кр}$.

Истинным пеленгом называется горизонтальный угол между северным направлением меридиана и направлением на ориентир (или другой объект), измеряемый от точки севера N в сторону точки востока E в пределах от 0 до 360°. Направление с ориентира B на судно M определяет *обратный истинный пеленг* (ОИП); если расстояние BM невелико и поверхность Земли можно принять совпадающей с плоскостью горизонта, то *ИП* и *ОИП* отличаются на 180°.

Искусственным путем направление меридиана в данном месте M определяют с помощью магнитного или гироскопического компаса.

Направление движения судна также определяют относительно направления истинного меридиана места. *Истинным курсом* (ИК) судна называется угол между северным направлением меридиана и носовой частью диаметральной плоскости судна, измеряемый от точки севера N в сторону точки востока E в пределах от 0 до 360°.

Судно всегда имеет курс, независимо от того, движется оно или нет. Курс и пеленг являются углами; их нельзя отождествлять с линиями курса или соответственно пеленга.

Направление на ориентир может быть измерено относительно направления диаметральной плоскости судна. *Курсовым углом* (КУ или q) называется горизонтальный угол между носовой частью диаметральной плоскости судна и направлением из точки наблюдения на объект. Курсовой угол измеряется чаще в полукруговом счете: от 0 до 180° в сторону правого (пр/б) или левого (л/б) бортов; при работе с техническими средствами навигации применяется круговой счет КУ — от 0 до 360° в сторону правого борта.

Связь между *ИП*, *ИК* и *КУ* выражается формулой

$$ИП = ИК + КУ. \quad (1)$$

позволяющей найти любую из трех величин по двум заданным. Если вычисления дают значения более 360°, то 360° отбрасывают; если вычисления дают отрицательное значение, то к нему прибавляют 360°.

Курсовой угол, равный 90°, называют *траверзом*; иногда траверзные величины обозначают символом $\perp$. Например,

$$ИП_{\perp} = ИК \pm 90^{\circ} \frac{\text{пр/б}}{\text{л/б}}. \quad (2)$$

§ 2. Магнитное поле Земли и его элементы

В любом месте Земли M свободно подвешенная магнитная стрелка устанавливается вполне определенно (рис. 3, а) — ее магнитная ось совпадает с направлением силовых линий земного магнитного поля. Вектор напряженности магнитного поля Земли $\vec{T}$ направлен по касательной к силовой линии в сторону северного магнитного полюса P_{NM} , имеющего координаты $\varphi \approx 72^\circ N$ и $\lambda \approx 96^\circ W$.

Плоскость, проходящая через нить подвеса и магнитную ось стрелки $n-s$, называется плоскостью магнитного меридиана (при условии, что на стрелку не действуют искусственные маг-

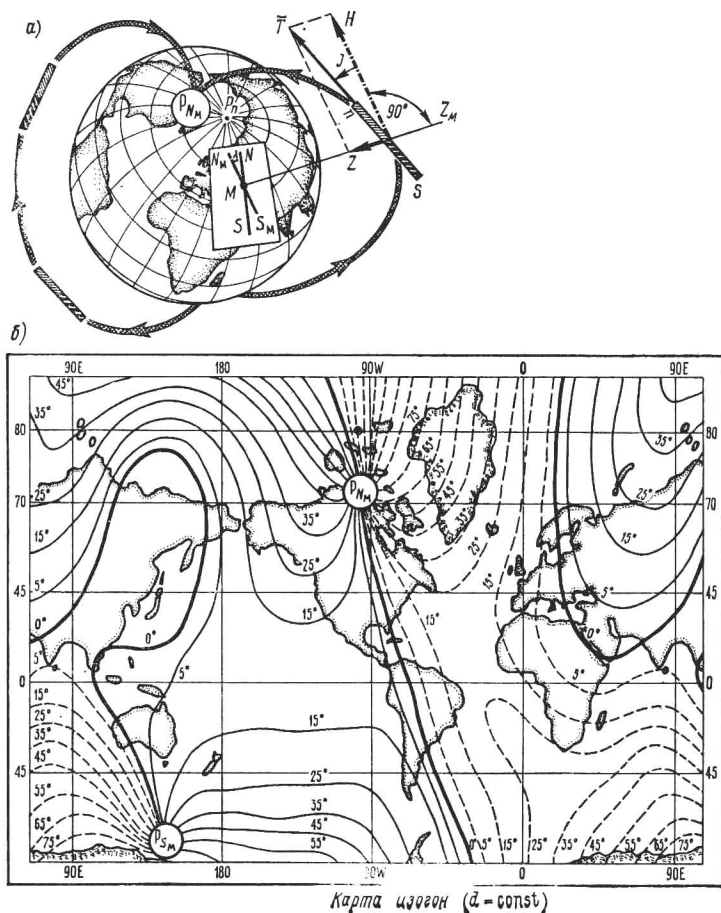


Рис. 3

нитные поля от ферромагнитных материалов и электрических токов). Угол I в вертикальной плоскости между осью магнитной стрелки и плоскостью горизонта называется *магнитным наклоном*; в точке магнитного полюса $I = 90^\circ$. Вектор напряженности поля T можно разложить на две составляющие — горизонтальную и вертикальную:

$$H = T \cos I; \quad Z = T \sin I. \quad (3)$$

Для магнитного компаса направляющей силой является горизонтальная составляющая H , поэтому в малых географических широтах, где проходит магнитный экватор ($I = 0$), он работает лучше, чем в высоких широтах. Вблизи магнитных полюсов магнитный компас использовать нельзя.

Плоскость магнитного меридиана в пересечении с плоскостью горизонта образует *магнитный меридиан* $N_m - S_m$. Магнитный меридиан в большинстве мест не совпадает с географическим меридианом $N - S$. Угол между северными направлениями истинного и магнитного меридианов называется *магнитным склонением* d ; оно изменяется в пределах от 0 до 180° к востоку (положительное) или к западу (отрицательное). Схема расположения изогон — линий равных значений склонения — показана на рис. 3, б (восточное склонение показано сплошными линиями, западное — штриховыми, жирной линией выделена агона, где $d = 0$). Как видно из рисунка, в большинстве районов склонение достигает десятков градусов.

Магнитное склонение имеет вековой ход (до $0,2^\circ$ за год) и подвержено незначительным суточным и годовым вариациям. Существенные возмущения магнитного поля Земли — магнитные бури — вызываются проявлениями солнечной активности; в период магнитных бурь, длящихся от нескольких часов до нескольких суток, магнитные компасы работают ненадежно.

Сведения о магнитном склонении даются на навигационных картах. в заголовке карты указывается эпоха, к которой приведено магнитное склонение, и годовое изменение склонения. Для приведения склонения к году фактического плавания следует к указанному в районе плавания склонению алгебраически приписать величину произведения годового изменения на интервал времени между годом плавания и эпохой. Например, если в районе плавания для 1977 г. указано «Маг. скл. $1,5^\circ W$ », а в заголовке карты сказано «Годовое уменьшение $0,02^\circ$ », то в середине 1985 г. надо учитывать $d = 1,5^\circ - 0,02 \times 8 = 1,3^\circ W$.

Необходимо обращать внимание на *магнитные аномалии* в районе плавания, обусловленные залеганием магнитных пород, положение которых обозначается на картах жирными черными штриховыми линиями. В районе аномалий магнитное склонение быстро и значительно изменяется по мере перемещения судна;

пределы изменения указываются на карте. В районе аномалий показания магнитных компасов нуждаются в частой проверке

§ 3. Магнитные компасы

Магнитный компас — навигационный прибор, предназначенный для измерения курса, пеленга и курсового угла, действие которого основано на использовании горизонтальной составляющей магнитного поля Земли. Трудно назвать другой навигационный прибор, составивший эпоху в развитии мореплавания и не потерявший своего значения для навигации на протяжении нескольких веков. Установка магнитного компаса на любом судне обязательна. Как правило, на верхнем мостике в диаметральной плоскости при условии кругового обзора устанавливают главный магнитный компас, перед рулевым в рубке — путевой компас.

Основной частью магнитного компаса является картушка — его чувствительный элемент, размещаемый в котелке (рис. 4). Картушка 1 представляет собой диск с градусными делениями от 0 до 360° по ходу часовой стрелки, к нижней части которого прикреплена система из нескольких магнитных стрелок, оси которых параллельны линии 0—180° (или $N-S$). Картушка и стрелки 5 монтируются на поплавке 2, который опирается топкой 6 на шпильку 7 закрепленную в корпусе котелка 4. Котелок заполняется морозоустойчивой компасной жидкостью; он имеет две камеры, дном нижней камеры является диафрагма 11 с пробкой 10. Такая конструкция обеспечивает компенсацию изменения объема жидкости при колебаниях температуры, а также позволяет произвести замену шпильки при необходимости.

У концов диаметра котелка, располагаемого при установке компаса параллельно диаметральной плоскости судна, имеются курсовые нити 3, по которым ведется отсчет курса судна. Линию $N-S$ картушки называют *главной осью компаса*. Если компас установлен на судне, изготовленном из немагнитных материалов, или на берегу и возмущающие искусственные магнитные поля отсутствуют, то главная ось компаса расположится по магнитному меридиану N_m-S_m и можно измерить магнитный курс (MK) судна, а зная магнитное склонение d , найти истинный курс:

$$IK = MK \pm d_w^E \quad (4)$$

Для измерения пеленгов служит пеленгатор 12 с глазной 14 и предметной 13 мишенями. Котелок в кардановом подвесе устанавливается в нактоузе 8, который крепится к палубе. Установленный на котелке пеленгатор наводят предметной мишенью на наблюдаемый ориентир и через размещенную у глазной мишени призму получают отсчет пеленга. При соблюдении условий, принятых выше для формулы (4), получится магнитный пеленг (MP)

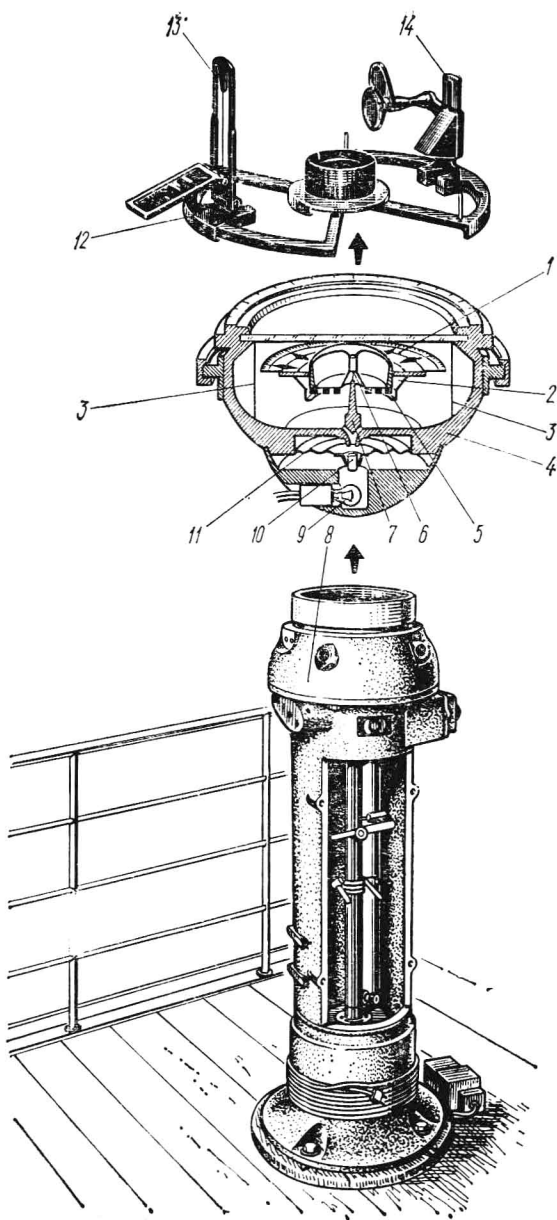


Рис. 4

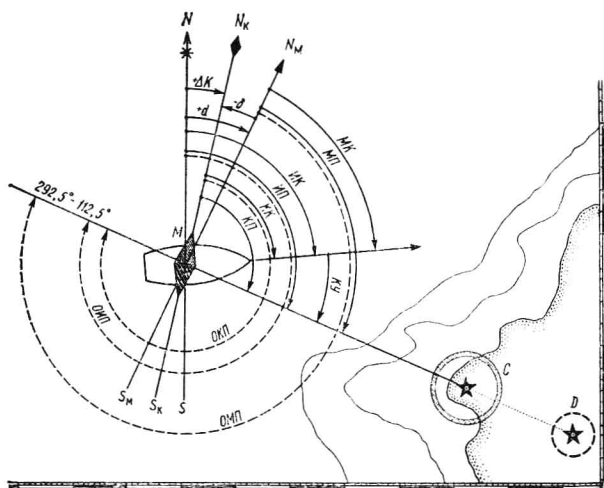


Рис. 5

и можно найти истинный пеленг ориентира:

$$ИП = МП \pm d_{\text{м}}^E. \quad (5)$$

В некоторых конструкциях магнитных компасов при отсчете под призмой пеленгатора получается обратный магнитный пеленг: $ОМП = МП + 180^\circ$ (рис. 5), и тогда, после учета склонения, получится обратный истинный пеленг.

При работе в ночное время картушка подсвечивается лампочкой 9, укрепленной в чаше, закрывающей котелок снизу. В нактоузе устанавливается девиационный прибор, служащий для компенсации влияния судового железа на показания компаса (см. § 4).

Курсовые углы измеряют с помощью пеленгатора и отсчитывают по шкале азимутального кольца, неподвижно закрепленного на крышке котелка и ориентированного меткой 0° в сторону носа судна по диаметральной плоскости. Если измерен $КУ$ и одновременно замечен магнитный курс $МК$, то можно найти $МП = МК + КУ$ (при полукруговом счете $КУ$ — с учетом его знака в зависимости от борта судна).

Современные суда в большинстве случаев строят из железа и стали, которые намагничиваются в поле Земли и создают собственное судовое магнитное поле, изменяющееся при перемене района плавания и изменении курса судна, при изменении характера его груза и механических воздействиях на судно (например, при качке). Дополнительно магнитные поля возникают при работе электрооборудования судна. Под влиянием собственного магнитного поля судна главная ось магнитного компаса откло-

няется от магнитного меридиана $N_m - S_m$ и располагается в плоскости компасного меридиана $N_k - S_k$ — вертикальной плоскости, проходящей через главную ось магнитного компаса. В пересечении плоскости компасного меридиана и плоскости горизонта образуется линия $N_k - S_k$, именуемая компасным меридианом (см. рис. 5). От компасного меридиана отсчитывают компасный курс KK (по носовой курсовой нити котелка) и компасный пеленг $KП$ с помощью пеленгатора [в некоторых моделях компасов — обратный $KП$ ($ОКП$)].

Угол между северными направлениями магнитного и компасного меридианов называется *девиацией* магнитного компаса δ . Девиация (от лат. *deviatio* — отклонение) измеряется в пределах от 0 до 180° к востоку от N_m (положительная) или к западу (отрицательная). Работы по компенсации влияния собственного магнитного поля судна на показания компаса называются уничтожением девиации (см. § 4). По окончании уничтожения девиации определяют ее остаточную величину и составляют таблицу или график девиации, которыми пользуются в плавании.

На каждом компасном курсе девиация различна и для получения истинных направлений для каждого курса необходимо рассчитывать поправку компаса. *Поправкой компаса* ΔK называется угол между северными направлениями истинного и компасного меридианов, измеряемый от истинного N к востоку (положительная поправка) или к западу (отрицательная поправка). Для магнитного компаса поправка находится как алгебраическая сумма магнитного склонения и девиации:

$$\Delta MK = d + \delta. \quad (6)$$

Применительно к рис. 5 можно записать, например,

$$\Delta MK = +26^\circ - 12,5^\circ = +13,5^\circ.$$

Для перехода от компасных направлений к истинным служат формулы:

$$ИК = KK \pm \Delta MK_{\psi}^E; \quad ИП = KП \pm \Delta MK_{\psi}^E. \quad (7)$$

Отечественная промышленность выпускает несколько моделей судовых, катерных и шлюпочных магнитных компасов с картушками диаметром 127, 100, 75, 69, 48 мм. Среди них различают компасы: с непосредственным отсчетом KK по картушке (простые) и дистанционные стрелочные магнитные — с электрической системой передачи показаний. Имеются также компасы с оптической передачей показаний и фотоэлектрической следящей системой.

В качестве главного компаса (см. рис. 4) устанавливают магнитный компас марки УКП-М1М с высотой нактоуза 142 см и общей массой 68,5 кг. Как путевой используют компас марки УКП-МЗМ высотой 126 см и массой 64 кг или компас на настольной плите марки УКП-М10 массой 12 кг.

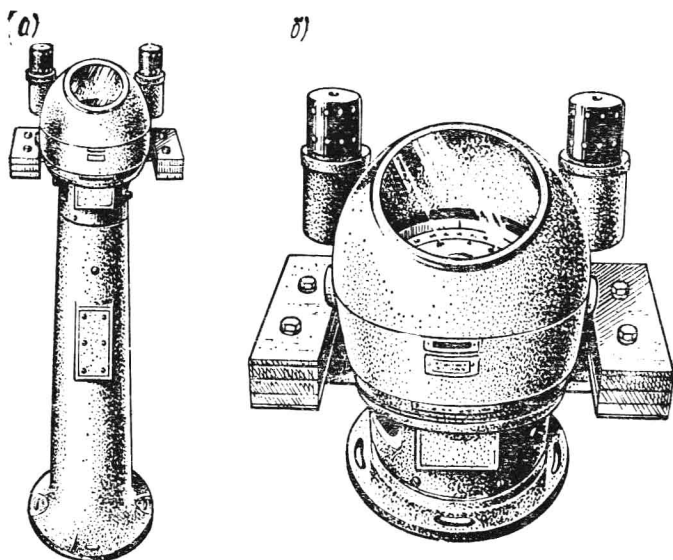


Рис. 6

Магнитные компасы типа КМ-100. Компасы этого типа представляют собой сравнительно новую разработку отечественной промышленности и выпускаются в трех модификациях: для малых судов морского, промыслового и речного флотов. Диаметр катушки компаса 100 мм; котелки этих компасов заполняются кремнийорганической жидкостью.

Компас марки КМ-100-1 (рис. 6, а), выпускаемый на высокомоузе, устанавливают в качестве главного или путевого. Его магнитный чувствительный элемент с катушкой, оцифрованной через 10° , находится в опорном устройстве, подобном описанному выше. В нактоузе компаса размещены девиационный прибор для компенсации полукруговой и четвертной девиации и набор пластин, компенсирующих девиацию от мягкого железа. Компас имеет съемный защитный колпак и оборудован электрическим освещением от судовой сети и масляными фонарями.

Компас марки КМ-100-2 (рис. 6, б) отличается от вышеописанной модификации лишь меньшим нактоузом.

Компас КМ-100-3 выпускается без нактоуза, девиационного прибора и электрического освещения. Он имеет масляное освещение и используется в качестве шлюпочного компаса.

Магнитный компас типа КТ-75. Диаметр его катушки 75 мм. Выпускаются две модификации этого компаса: шлюпочный КТ-М1м и катерный КТ-М2м (рис. 7, а). Катушки компасов имеют две магнитные стрелки. Котелок заполнен спир-