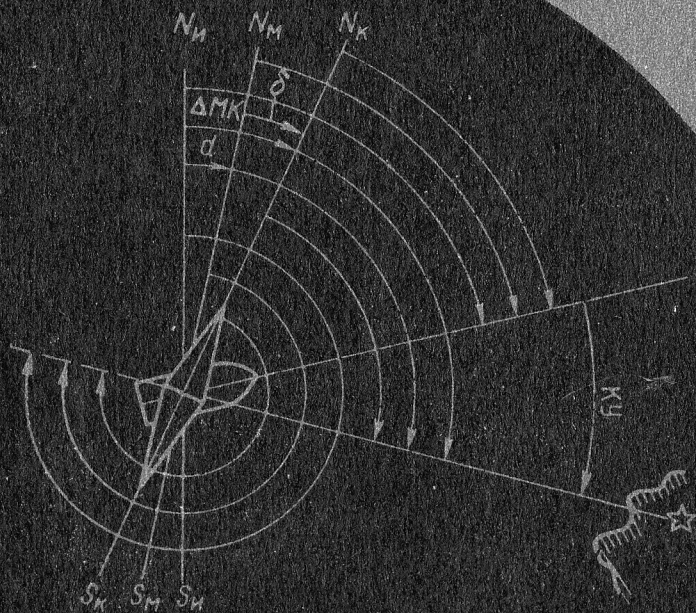


Э.П. Ляльков
А.Г. Васин



НАВИГАЦИЯ



ВВЕДЕНИЕ

Навигация — часть общей науки о судовождении, состоящей из целого комплекса отдельных дисциплин, которые теоретически и практически решают следующие задачи:

выбор кратчайшего и наивыгоднейшего пути судна с учетом навигационной и гидрометеорологической обстановки;

безаварийное проведение судна по выбранному пути;

изучение старых и выработка новых методов вождения судов с помощью штурманских приборов и навигационных систем, отвечающих современному уровню развития науки и техники.

Навигация занимает ведущее место в комплексе дисциплин судовождения, так как ее основные теоретические положения и требования являются основой для развития и совершенствования других дисциплин. В навигации рассматриваются:

основные понятия о форме и размерах Земли;

основы теории картографических проекций, применяемых в судовождении, и решение с их помощью аналитическими и графическими способами специфических штурманских задач по проводке судна с учетом воздействия различных факторов (ветра, течения, суммарного воздействия ветра и течения и т. д.);

вопросы определения направлений и пройденного расстояния в море;

методы счисления пути и способы определения места судна в море по береговым и плавучим ориентирам с помощью штурманских приборов и инструментов и технических средств судовождения, а также способы определения поправок этих приборов и оценки точности определения места;

вопросы управления и безаварийной проводки судна при особых условиях плавания: в узкостях, шхерах, во льдах, в условиях ограниченной видимости;

наивыгоднейшие способы выбора маршрута при плавании на большие расстояния с учетом экономической выгоды при этом.

Лотция изучает и описывает океаны, моря, реки, озера в гидрографическом отношении и особенно подробно районы побережья и районы навигационных опасностей, средства навигационного оборудования морских путей, советские и важнейшие иностранные пособия для плавания, а также подготовку штурманской части к предстоящему переходу.

Мореходная астрономия изучает способы и методы определения места судна в море по небесным светилам, а также приборы и пособия, с помощью которых производятся эти определения.

Магнитно-компасное дело изучает теорию девиации магнитного компаса, появляющуюся вследствие воздействия на компас магнитного поля судового железа, и разрабатывает практические приемы уничтожения девиации, а также методы определения остаточной девиации.

Навигационная гидрометеорология изучает процессы, происходящие в атмосфере, и саму атмосферу, погоду и климат в различных участках земного шара, приливо-отливные явления, волнения, грунты, рельеф дна, систематизирует наблюдения и обеспечивает судоводителей всей необходимой информацией для любого района плавания.

Технические средства судовождения — здесь изучают принцип действия, конструкцию и эксплуатацию различных радиотехнических устройств и электронавигационных приборов, применяемых в судовождении, таких, как радиопеленгаторы, РЛС, радиомаяки, радионавигационные системы, лаги, эхолоты, гидрокомпасы и т. д.

Навигация — наука, построенная на строгой математической основе. Ее теоретические положения и требования разработаны с большой точностью. Однако конкретная обстановка на море, подчас очень сложная, не всегда позволяет штурману получить необходимую навигационную информацию с требуемой точностью даже при помощи современных технических средств. Достоверность и точность полученной информации во многом зависят еще и от его опытности. Поэтому судовождение, основанное на научно-математической базе в соединении с рекомендациями хорошей морской практики, обеспечивает безопасность судна при плавании в любой обстановке.

Насколько точно будет проведено судно в порт назначения, в какой срок и в каком состоянии будет доставлен груз — все это зависит от судоводителя. Умение осуществить плавание наиболее выгоднейшим в данных условиях путем, с необходимой точностью определить место судна в море практически на любых расстояниях — все это делает успешное знание навигации одним из важнейших условий безопасности мореплавания и улучшения экономических показателей работы флота.

Краткий исторический очерк развития судовождения. Мореплавание как ремесло и искусство зародилось в глубокой древности. Примерно за 5—4 тыс. лет до н. э. появляется парус — величайшее изобретение человека, оказавшее огромное влияние на дальнейшее развитие мореплавания.

Навигатор — человек, умеющий «ходить по морю», «ездить по морю». Именно так переводится латинское слово «navigare», от которого произошло слово «навигатор». Понятно, что навигации в современном ее понимании в древности не существовало. Древние судоводители приводили корабли в нужное место, пользуясь самыми примитивными средствами. Долгое время основными районами плавания оставались прибрежные. В путь, как правило, отправлялись летом, когда небо было безоблачным, днем светило солнце, а ночью были хорошо видны звезды.

Первое упоминание о морских картах относится к 490 г. до н. э. Карты эти походили скорее на чертежи и были еще очень примитивны. Однако с развитием науки карты все более совершенствовались.

Приблизительно в одно время с картами мореплавателей древнего мира появляются так называемые «Периплы» (от греческого «перипл», означающего круговой маршрут) — своего рода морские лоции. В «Периплах» указывались чрезвычайно важные для судоводителя сведения: расстояния между пунктами на побережье, описания удобных бухт и гаваней, сведения о подводных опасностях, течениях, порядке плавания в узкостях, наиболее приметных навигационных ориентирах, о том, как далеко и в какую погоду видны с моря отдельные горы, мысы, возвышенности, т. е. обо всем, что могло помочь определить местонахождение судна. В «Периплах» перечислялись также удобные якорные стоянки, места, где можно отремонтировать судно, пополнить запасы продовольствия и питьевой воды, приводились сведения о лоцманах, маяках и огнях.

В Европе магнитный компас появляется в XII в. У первых компасов магнитная стрелка помещалась в деревянной трубочке или на дощечке, плавающих в жидкости. Применение компасов совершило переворот в навигации. С его помощью мореплаватели могли ориентироваться в любых районах Мирового океана.

Морские плавания вдали от берегов остро поставили вопрос о дальнейшем совершенствовании морских карт, мореходных приборов и инструментов, выдвинули на первый план проблему производства астрономических наблюдений. Поэтому дальнейшим важным шагом стало изобретение инструмента для определения высот светил. Такой прибор — астролябия — появляется сначала в X в. Во второй половине XV в. были созданы специальные астрономические таблицы, угломерная линейка Герсона — угломерный прибор, более точный, чем астролябия, и становится возможным определение места судна по звездам практически в любой точке Мирового океана. Начинается эпоха великих географических открытий.

Великие морские плавания значительно обогатили науку и оказали решающее влияние на дальнейшее развитие астрономии, навигации, картографии — основных направлений науки о судовождении. В Европе создаются первые морские учебные заведения, сочетавшие обучение мореплавателей с научными исследованиями.

В 1566 г. Герард Меркатор создает новую картографическую проекцию, по которой составляется большинство морских карт и в настоящее время. В 1573 г. появляются лаги — приборы для измерения скорости корабля и пройденного им расстояния. В 1731 г. изобретен октан — новый, более совершенный угломерный прибор для измерения высот светил, — предшественник современного секстана. В 1761 г. создан хронометр. Эти приборы позволяли довольно точно определить местоположение судна астрономическим методом, что давало возможность совершать дальние плавания в океанах, точно наносить на карты вновь открытые материки и острова.

Неоценимый вклад в развитие науки о судовождении внесли русские мореплаватели. Особенного расцвета русский флот достиг в

эпоху Петра Первого. Огромное значение он придавал подготовке грамотных, хорошо знающих свое дело специалистов. Поэтому по его указу в 1701 г. в Москве была открыта Навигацкая школа, а в 1715 г. в Петербурге — Морская академия. Выпускники Навигацкой школы и академии многое сделали для развития мореплавания в России, совершив ряд кругосветных путешествий, сделав важные географические открытия. Например, А. И. Чириковым и В. Берингом были исследованы моря Дальнего Востока, берега Камчатки. Во время кругосветных экспедиций И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского были описаны берега Курильских островов, Сахалина, Японии; открыты неизвестные острова и проливы; проведены ценные океанографические исследования, и как результат всего этого — созданы научные труды. Большую ценность с точки зрения науки имела экспедиция В. М. Головнина на Дальний Восток. Экспедиция Ф. Ф. Беллинсгаузена и М. П. Лазарева прославилась открытием Антарктиды. В это же время предпринимает четыре плавания в Арктику Ф. П. Литке, в результате которых были описаны берега Новой Земли, Камчатки, Чукотки, определено местоположение многих островов.

В ходе этих путешествий и экспедиций совершенствовались знания, уточнялись морские карты, изучались моря, омывающие Россию. Труды русских мореплавателей явились незаменимыми пособиями при подготовке штурманов новых поколений.

Еще в начале XVIII в. (1703 г.) преподавателем Навигацкой школы Л. Ф. Магницким был составлен учебник арифметики, третья часть которой уделялась навигации и мореходной астрономии. Необходимо отметить также книги о навигации Малыгина, Мордвинова, особенно Ломоносова. В работе «Рассуждения о большой точности морского пути» М. В. Ломоносов изложил основы судовождения и впервые дал описание некоторых навигационных приборов (самопишущий компас, прибор для учета дрейфа и др.).

С появлением в середине XIX в. судов с паровыми машинами, а позже и судов со стальными корпусами перед судоводителями встал целый ряд новых, требующих немедленного разрешения проблем. К ним прежде всего относились вопросы возможности компенсации девиации магнитных компасов и повышения точности определения места судна. Значительный вклад в их разработку внесли известные русские ученые и исследователи Ф. П. Врангель, Г. Я. Седов, И. П. Белавенец, И. П. Колонг создали науку о девиации магнитных компасов. В конце XIX в. А. С. Попов изобретает радио, которое повлекло за собой быстрое развитие радионавигации.

В советский период академиками Н. Д. Папалекси, Д. Н. Мандельштамом, А. И. Бергом, проф. Е. Я. Щеголевым была проделана огромная работа по созданию первых радионавигационных систем. Профессорами и преподавателями высших морских училищ страны Н. А. Сакуллари, К. С. Уховым, А. И. Мизерницким, А. П. Ющенко, М. М. Лесковым составлены новые учебники по навигации.

В последние годы продолжают работу по совершенствованию средств и методов навигации, решаются проблемы автоматизации судовождения, использования электронно-вычислительной техники.

§ 1. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

При рассмотрении различных вопросов навигации необходимо учитывать форму и размеры Земли. Исследованиями и точными измерениями установлено, что Земля представляет собой неправильное геометрическое тело, которое назвали *геоидом*.

По форме геоид наиболее близок к эллипсоиду вращения, т. е. к математической фигуре, образуемой вращением эллипса вокруг его малой оси PP' (рис. 1). Фигура эллипсоида вращения характеризуется размерами его большой a и малой b полуосей, а также величиной среднеполярного сжатия α , определяемого отношением разности полуосей эллипсоида к его большой полуоси, т. е.

$$\alpha = \frac{a-b}{a}.$$

Эллипсоид вращения, поверхность которого наиболее близко подходит к поверхности геоида, называется *земным эллипсоидом*. Средняя величина отстояния поверхности геоида от поверхности земного эллипсоида не превышает 150 м. Часто земной эллипсоид называют *земным сфероидом*.

Размеры полуосей и величина полярного сжатия земного сфероида вычислялись учеными разных стран в разное время и различными способами. В СССР элементы земного сфероида были определены в 1940 г. Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэро съемки и картографии под руководством проф. Ф. И. Красовского на основании материалов специальных наблюдений по СССР, Западной Европе и США. В результате решения системы из 1363 уравнений были получены следующие данные:

$$a = 6\,378\,245 \text{ м}, \quad b = 6\,356\,863 \text{ м};$$

$$\alpha = \frac{1}{298,3}.$$

Земной сфероид, основные размеры которого принимаются для всех последующих топографо-геодезических и картографических вычислений, называется *референц-*

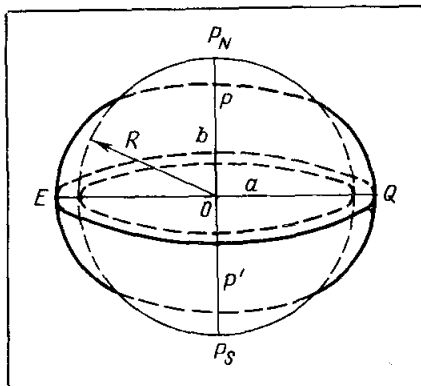


Рис. 1

эллипсоидом. В СССР в качестве референц-эллипсоида с 1946 г. принят земной сфероид с размерами, выведенными проф. Красовским.

Сравнивая значения большой и малой полуосей земного сфероида, можно увидеть, что их разница составляет 21 382 м. Это всего 0,3% длины большой полуоси. Если, для наглядности, изобразить земной сфероид в уменьшенном виде так, чтобы его большая полуось равнялась 3 м, то малая полуось будет всего на 3 мм короче. Такой незначительной разницей полуосей в большинстве штурманских расчетов можно пренебречь, а потому в судовождении Землю принимают за шар, объем которого равен объему земного сфероида (см. рис. 1).

Беличина радиуса такого шара определится из соотношения

$$V_{ш} = V_{\phi};$$

$$4/3\pi R^3 = 4/3\pi a^2 b,$$

откуда

$$R = \sqrt[3]{a^2 b}.$$

Подставляя в эту формулу значения a и b референц-эллипсоида Красовского, получим $R = 6\,371\,109,7$ м.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ТОЧКИ И ОКРУЖНОСТИ НА ЗЕМНОМ ШАРЕ

Приняв Землю за шар, рассмотрим основные точки, окружности и плоскости на земной поверхности, служащие целям навигации.

Ось вращения Земли $P_N P_S$ пересекается с земной поверхностью в двух точках, которые называются *географическими*, или *истинными*, полюсами: северный P_N и южный P_S (рис. 2).

Известно, что при пересечении шара плоскостью в сечении получается круг, а на поверхности шара образуется окружность. Если секущие плоскости проходят через центр шара, то получаются большие круги, если не проходят, то малые. Окружности малых кругов, равноудаленных от центра шара, не равны между собой.

Окружность большого круга, перпендикулярного оси вращения Земли, называется *земным экватором* (см рис. 2). Экватор делит поверхность земного шара на два полушария: северное и южное. Окружности малых кругов, параллельные плоскости экватора, называются *параллелями*. Параллель, проходящая через данную точку A , называется параллелью этой точки, или параллелью места.

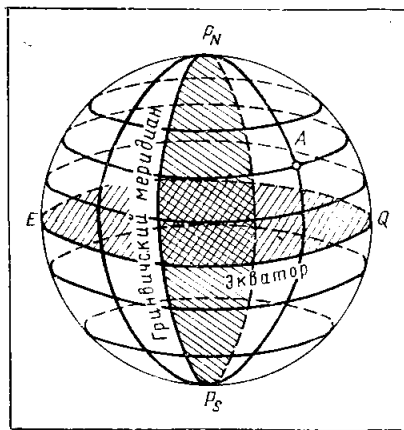


Рис. 2

Окружности больших кругов, проходящие через географические полюсы Земли, называются *географическими*, или *истинными*, *меридианами*. Практически рассматривают лишь половину меридиана $P_S A P_N$, заключенную между полюсами и проходящую через данную точку A . Эту половину меридиана называют меридианом данной точки, или меридианом места.

На основании международного соглашения 1884 г. особо выделен меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию близ Лондона. Этот меридиан условно делит поверхность Земли на два полушария — восточное и западное. Половина меридиана, заключенная между полюсами и проходящая через Гринвич, называется Гринвичским, или начальным нулевым, меридианом (см. рис. 2). Если стать на Гринвичском меридиане лицом к P_N , то вправо от наблюдателя будет восточное полушарие, влево — западное.

§ 3. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Географическими координатами называются величины, определяющие положение какой-либо точки на поверхности земного шара.

Возьмем на земной поверхности некоторую точку A (рис. 3). Прямая, проходящая через данную точку к центру Земли, совпадает с отвесной линией.

Географическая широта точки — это угол с вершиной в центре Земли, заключенный между отвесной линией, проходящей через данную точку, и плоскостью земного экватора.

Широта измеряется дугой меридиана от экватора до параллели данной точки в пределах от 0 (на экваторе) до 90° (на полюсе). Если точка находится в северном полушарии, то широте приписывается наименование N — северная, если в южном, то S — южная. Географическая широта обозначается греческой буквой φ . Например, широта точки A (см. рис. 3) запишется так: $\varphi = 48^\circ 30,5' N$.

Географическая долгота точки — это двугранный угол, заключенный между плоскостями Гринвичского меридиана и меридиана данной точки. Долгота измеряется дугой экватора от Гринвичского меридиана до меридиана точки и может быть от 0 (на Гринвичском меридиане) до 180° (на противоположном Гринвичскому меридиане). Если точка находится в восточном полушарии, то долготе приписывается наименование O^st — восточная, если в западном, — то W — западная. Географическая долгота обозначается греческой бук-

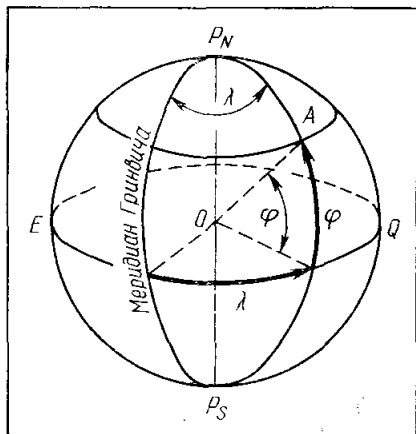


Рис. 3

вой λ . Например, долгота точки A (см. рис. 3) запишется так: $\lambda = 40^{\circ}35,0' \text{ Ost}$.

Чтобы нанести на глобус точку, географические координаты которой известны, надо от Гринвичского меридиана отложить по экватору дугу, равную заданной долготе, и через полученное место провести меридиан. Затем от экватора отложить по меридиану дугу, равную заданной широте. В конце этой дуги и будет находиться искомая точка.

Пример. Координаты точки A : $\varphi = 50^{\circ}00,0' \text{ N}$; $\lambda = 40^{\circ}00,0' \text{ Ost}$. Определить положение этой точки на вспомогательной сфере.

Решение. Строим вспомогательную сферу (см. рис. 3). Так как долгота 40° — восточная, от Гринвичского меридиана по экватору вправо откладываем дугу 40° (в данном случае приближенно). Через полученную на экваторе точку проводим меридиан точки A . Затем, учитывая, что широта 50° — северная, откладываем от экватора по меридиану в сторону P_N дугу 50° и определяем положение точки A в конце этой дуги. Для наглядности проведем параллель точки A .

§ 4. РАЗНОСТЬ ШИРОТ И ДОЛГОТ

Пусть на земной поверхности даны две какие-либо точки A и B (рис. 4). Точка A имеет широту φ_1 и долготу λ_1 , точка B — широту φ_2 и долготу λ_2 .

В процессе плавания судно переходит из точки A в точку B , при этом образуются разность широт и разность долгот.

Разность широт (РШ) — это меньшая из дуг любого меридиана, заключенная между параллелями этих точек. *РШ*, или $\Delta\varphi$, измеряется от 0 до 180° и имеет наименование «к N», если северная широта увеличивается или южная уменьшается, или «к S», если северная широта уменьшается или южная увеличивается. Из рис. 4 видно, что

$$РШ = \varphi_2 - \varphi_1. \quad (1)$$

Если северной широте условно приписать знак «плюс», а южной «минус», то, подставляя в формулу (1) знаки перед φ_2 и φ_1 , получим алгебраическую формулу, в которой знак *РШ* указывает, куда сделана разность широт, т. е.

$$\pm РШ = (\pm \varphi_2) - (\pm \varphi_1).$$

Задачи на определение *РШ* удобно решать, контролируя решение вспомогательным чертежом. Построения производятся на плоскости меридиана наблюдателя.

Пример. Определить *РШ*, если известны широты пункта отхода судна φ_1 и пункта его прихода φ_2 (рис. 5); $\varphi_1 = 30^{\circ}32,7' \text{ S}$; $\varphi_2 = 15^{\circ}48,0' \text{ N}$.

Решение.

$$\begin{array}{r} \varphi_2 = +15^{\circ}48,0' \\ \varphi_1 = -30\ 32,7 \\ \hline РШ = +46^{\circ}20,7' = 46^{\circ}207' \text{ к N.} \end{array}$$

Преобразуя формулу (1), можно решать задачи по нахождению φ_2 и φ_1 :

$$\pm \varphi_2 = (+ \varphi_1) + (\pm PШ); \quad \pm \varphi_1 = (\pm \varphi_2) - (\pm PШ).$$

Примеры. 1. Определить широту пункта отхода φ_1 , если известны $PШ$ и широта пункта прихода φ_2 (рис. 6): $\varphi_2 = 30^\circ 25,6' S$; $PШ = 70^\circ 15,2' KС$.

Решение.

$$\begin{array}{r} -\varphi_2 = -30^\circ 25,6' \\ -PШ = -70^\circ 15,2' \\ \hline \varphi_1 = +39^\circ 49,6' = 30^\circ 49,6' N. \end{array}$$

2. Определить широту пункта прихода φ_2 , если известны $PШ$ и широта пункта отхода φ_1 : $\varphi_1 = 12^\circ 31,5' S$; $PШ = 72^\circ 31,2' KН$.

Решение.

$$\begin{array}{r} +\varphi_1 = -12^\circ 31,5' \\ +PШ = +72^\circ 31,2' \\ \hline \varphi_2 = +59^\circ 59,7' = 59^\circ 59,7' N. \end{array}$$

Разность долгот (РД) двух данных точек — меньшая из дуг экватора, заключенная между меридианами этих точек. РД, или $\Delta\lambda$, измеряется от 0 до 180° и имеет наименование «к Ost» — восточная долгота увеличивается или западная уменьшается или «к W», если восточная долгота уменьшается или западная увеличивается. Из рис. 4 видно, что

$$PД = \lambda_2 - \lambda_1. \quad (2)$$

Если восточной долготе условно приписать знак «плюс», а западной «минус», то, подставляя в формулу (2) знаки перед λ_2 и λ_1 , получим алгебраическую формулу, в которой знак РД указывает, куда сделана разность долгот, т. е.

$$\pm PД = (\pm \lambda_2) - (\pm \lambda_1).$$

Согласно определению, РД не может быть более 180° . Однако при решении задач по формуле (2) величина РД может оказаться больше

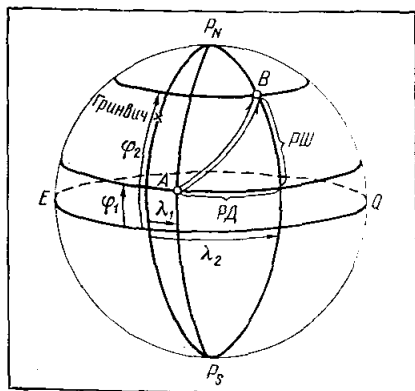


Рис. 4

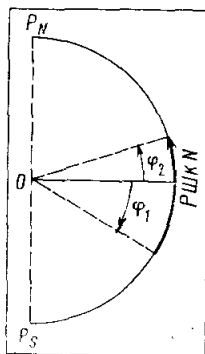


Рис. 5

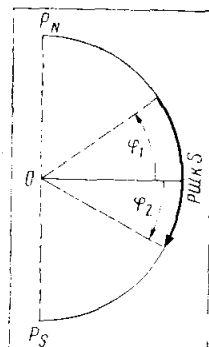


Рис. 6

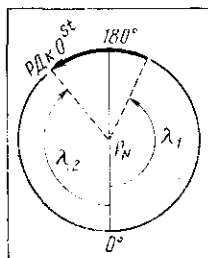


Рис. 7

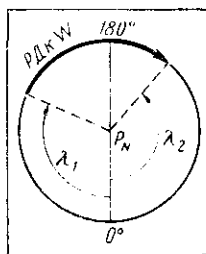


Рис. 8

180°. Тогда полученный результат вычитают из 360° и изменяют наименование РД на обратное.

Задачи по определению РД также решают по алгебраической формуле, контролируя решение вспомогательным чертежом. Построения производятся на плоскости экватора.

Пример. Определить разность долгот, если известны долготы пункта отхода судна λ_1 и пункта его прихода λ_2 (рис. 7): $\lambda_1 = 160^\circ 50,0' \text{ Ost}$; $\lambda_2 = 150^\circ 30,0' \text{ W}$.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad \lambda_2 = -150^\circ 30,0' \\ - \lambda_1 = +160^\circ 50,0' \\ \hline \text{РД} = -311^\circ 20,0' = +48^\circ 40,0' = 48^\circ 40,0' \text{ к Ost}. \end{array}$$

Преобразуя формулу (2) и учитывая знаки, можно решать задачи по определению λ_2 и λ_1 ;

$$\pm \lambda_2 = (\pm \lambda_1) + (\pm \text{РД}); \quad \pm \lambda_1 = (\pm \lambda_2) - (\pm \text{РД}).$$

Примеры. 1. Определить долготу пункта отхода λ_1 , если известны: $\lambda_2 = 140^\circ 15,6' \text{ Ost}$; $\text{РД} = 100^\circ 35,0' \text{ к W}$ (рис. 8).

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad \lambda_2 = +140^\circ 15,6' \\ - \text{РД} = -100^\circ 35,0' \\ \hline \lambda_1 = +240^\circ 50,6' = -119^\circ 09,4' = 119^\circ 09,4' \text{ W}. \end{array}$$

2. Определить долготу пункта прихода λ_2 , если известна РД и долгота пункта отхода λ_1 : $\lambda_1 = 27^\circ 54,7' \text{ Ost}$; $\text{РД} = 53^\circ 05,4' \text{ к W}$.

$$\begin{array}{r} \text{Решение.} \quad \lambda_1 = +27^\circ 54,7' \\ + \text{РД} = -53^\circ 05,4' \\ \hline \lambda_2 = -25^\circ 10,7' = 25^\circ 10,7' \text{ W}. \end{array}$$

§ 5. ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ, ПРИНЯТЫЕ В СУДОВОЖДЕНИИ

В судовождении применяют различные единицы длины, но все они в конечном счете выражаются в метрах и его долях, так как в Советском Союзе и большинстве стран принята метрическая система мер. За основную единицу длины в судовождении принята морская миля (м. миля), равная 1' дуги земного меридиана.

Если принять Землю за шар, объем которого равен объему земного эллипсоида, то длина 1' дуги земного меридиана определится из расчета:

$$1' = \frac{2\pi R}{360 \times 60} = \frac{2 \times 3,14 \times 6371109,7}{360 \times 60} = 1852,3 \text{ м.}$$

Округленное значение длины дуги земного меридиана равняется 1852 м. Эта длина принята в СССР с 1931 г. в качестве стандартной морской мили, которой практически и пользуются в судовождении.

Такая же длина принята в ГДР, ФРГ, Испании, США, Франции, Швеции.

В разных странах длина морской мили определялась по несколько отличным исходным данным (размеры референц-эллипсоида, средняя широта морей, омывающих берега этих стран), поэтому значения принятых стандартных морских миль в разных странах различны. Так, в Англии и Японии морская миля принята равной 1853,18 м, в Италии — 1851,85 м.

В действительности земной меридиан представляет собой не окружность, а эллипс. Из рис. 9 видно, что радиус кривизны такого эллипса в точке P_N больше, чем в точке Q , поэтому $\sphericalangle AB > \sphericalangle A'B'$, хотя $\sphericalangle AOB = \sphericalangle A'O'B'$. Следовательно, длина одной минуты дуги земного эллиптического меридиана на полюсе будет больше, чем на экваторе. Специальные измерения на Земле показывают, что длина 1' дуги земного меридиана на экваторе составляет 1842,9 м, в широте — 45° — 1852,2 м, на полюсе — 1861,8 м, т. е. разница в длине принятой стандартной морской мили и длине 1' дуги земного эллиптического меридиана достигает максимального значения ± 9 м на полюсах и на экваторе. На практике этой разницей пренебрегают.

В то же время наличие постоянной длины морской мили упрощает конструкцию приборов, показывающих пройденное расстояние, и представляет удобство при решении различных навигационных задач. Морская миля удобна и тем, что она служит и мерой длины, и угловой мерой: 1 м. миля равна 1', 60 м. миль равны 1° и т. д. Однако следует иметь в виду, что морская миля как угловая мера может применяться лишь при измерении дуг больших кругов.

Кроме морской мили, в судовождении применяют и другие единицы длины.

Кабельтов (кб) — $\frac{1}{10}$ часть морской мили. Для практических расчетов кабельтов принимают равным 185 м. В кабельтовых измеряют сравнительно небольшие расстояния на море.

Метр (м) как самостоятельную единицу длины применяют в судовождении для измерения небольших расстояний на берегу, обозначения высот ориентиров и глубин в море.

Фут (фут) равен 0,3048 м, его употребляют для обозначения на английских морских картах малых глубин и высот на берегу. 6080 фут составляют 1 м. милю, 608 фут — 1 кб.

Ярд равен 3 фут, или 0,9144 м. Служит для обозначения на английских морских картах неболь-

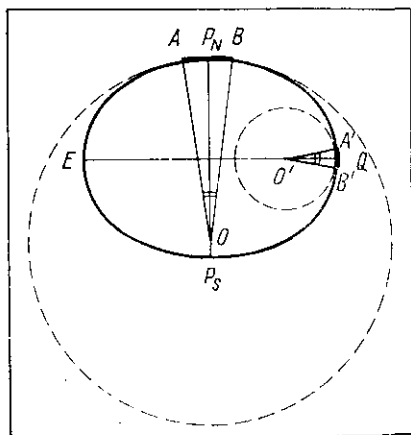


Рис. 9

ших расстояний на берегу. 200 ярдов составляют 600 фут, или, округленно, 1 км.

Морская сажень содержит 6 фут, или 1,8288 м. Применяют ее для обозначения на английских морских картах больших глубин.

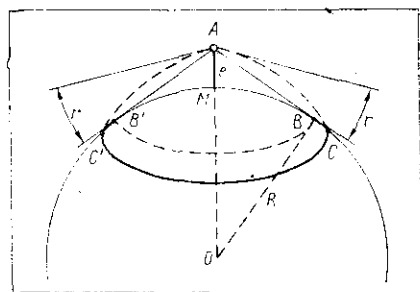
Статутная, или береговая миля, равная 1609,344 м (5280 фут), используется в некоторых странах Европы и Америки для измерения расстояний при плавании по рекам и озерам, а также для измерения расстояний на суше. В США и Англии в статутных милях выражают дальность действия систем дальней радионавигации.

Для перехода от одних единиц к другим служит табл. 44 Мореходных таблиц 1975 г. (МТ—75).

§ 6. ВИДИМЫЙ ГОРИЗОНТ И ЕГО ДАЛЬНОСТЬ

Пусть в точке M (рис. 10) земной поверхности находится наблюдатель. Глаз наблюдателя (точка A) расположен на некоторой высоте e . Лучи зрения, проведенные от глаза наблюдателя в виде прямых, касательных к поверхности Земли, образуют окружность малого круга BB' , называемую теоретически видимым горизонтом наблюдателя. В действительности, вследствие существования атмосферы вокруг Земли, плотность которой неодинакова, лучи зрения будут преломляться и наблюдатель будет видеть окружность CC' , называемую действительно видимым горизонтом наблюдателя. На море она представляет собой видимую линию разграничения водной поверхности и небесного свода.

Дуга MB представит теоретическую дальность видимого горизонта D_T , а дуга MC — действительную дальность видимого горизонта наблюдателя D_e . Из рисунка понятно, что дальность теоретического горизонта зависит от высоты глаз наблюдателя и кривизны земной поверхности, т. е. от радиуса земного шара R . Очевидно, что дальность действительно видимого горизонта зависит, кроме того, еще и от величины преломления лучей зрения в атмосфере. Выведем формулу для практического определения дальности видимого горизонта D_e .



Для этого рассмотрим $\triangle AOB$ (см. рис. 10), образованный отвесной линией наблюдателя AO , прямым лучом зрения AB и радиусом Земли OB . Этот треугольник имеет прямой угол при точке B , следовательно, он прямоугольный. Тогда получим

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

Так как высота e невелика, то можно считать, что

$$AB = MB = D_T.$$

Рис. 10

АО можно заменить на $R + e$, поэтому

$$D_T^2 = (R + e)^2 - R^2,$$

откуда

$$D_T^2 = R^2 + 2Re + e^2 - R^2 = 2Re + e^2,$$

или

$$D_T^2 = 2Re \left(1 + \frac{e}{2R} \right).$$

Высота глаза наблюдателя e на судне обычно не превышает 20—25 м, удвоенный же радиус Земли $2R$ равняется 12,6 млн. м. Поэтому можно считать, что

$$\frac{e}{2R} = 0,$$

тогда $D_T^2 = 2Re$, или $D_T = \sqrt{2Re}$.

Для определения дальности видимого горизонта необходимо учесть преломление лучей света в земной атмосфере, называемое земной рефракцией. В результате земной рефракции луч света распространяется не по прямой AB , а по некоторой дуге AC . Угол, образуемый касательной к преломленному лучу AC и прямым лучом зрения AB , называется углом земной рефракции r . Чем больше угол r , тем больше кривизна преломления луча и тем больше дальность видимого горизонта.

Земная рефракция зависит от состояния атмосферы: давления, температуры, влажности и прозрачности воздуха. В разных местах Земли в разное время года и суток она различна. Но в среднем установлено, что земная рефракция увеличивает дальность видимого горизонта примерно на 8%. Поэтому

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

Подставляя в эту формулу значение R (в метрах) и желая получить D_e в морских милях, выполним следующие преобразования:

$$D_e = \frac{1,08 \sqrt{2 \times 6371110 \times e}}{1852} = \frac{1,08 \sqrt{2 \times 6371110}}{1852} \sqrt{e}$$

и получим

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

где D_e — дальность видимого горизонта, мили;

e — высота глаза наблюдателя, м.

Для быстрого и точного вычисления дальности видимого горизонта по высоте от 0,25 до 5100 м служит табл. 22 МТ—75. D_e для промежуточных табличных значений e выбирают путём простой интерполяции.

Пример. Высота глаза наблюдателя $e = 20,5$ м. Определить с помощью табл. 22 МТ—75.

Решение. $e = 20$ м; $D_e = 9,3$ мили;

$e = 21$ м; $D_e = 9,5$ мили.

Следовательно, для

$$e = 20,5 \text{ м}, D_e = 9,4 \text{ мили.}$$

Разбивать 20,5 на 20 и 0,5 с целью нахождения D_e по частям ни в коем случае нельзя.

Эту же задачу легко решить с помощью логарифмической линейки, причем ответ можно получить для любой высоты глаза наблюдателя без всякой интерполяции.

Для решения задачи необходимо установить начало (или конец, если высота глаза больше 23 м) движка на отсчет e по шкале квадратов корпуса линейки, а затем установить визир бегунка на отсчет 2,08 по логарифмической шкале движка. Ответ снимается с логарифмической шкалы корпуса линейки.

Пример. Высота глаза наблюдателя $e = 8,3$ м. Определить дальность видимого горизонта D_e .

Решение. Устанавливаем начало движка на отсчет 8,3 по шкале квадратов корпуса линейки. Визир бегунка устанавливаем на отсчет 2,08 по логарифмической шкале движка. По логарифмической шкале корпуса под визиром снимаем ответ: $D_e = 6$ миль.

Пример. Высота глаза наблюдателя $e = 28,5$ м. Определить дальность видимого горизонта D_e .

Решение. Устанавливаем конец движка (высота больше 23 м) на отсчет 28,5 по шкале квадратов корпуса линейки. Визир бегунка устанавливаем, как и в предыдущем примере, на отсчет 2,08 по логарифмической шкале движка и под ним снимаем ответ по логарифмической шкале корпуса линейки: $D_e = 11,1$ мили.

§ 7. ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ПРЕДМЕТОВ

Если какой-либо предмет (вершина горы, маяк и т. д.) имеет известную высоту h , то дальность видимого горизонта с высоты такого предмета D_h при нормальном состоянии атмосферы определится по формуле (3)

$$D_h = 2,08\sqrt{h_m}.$$

В то же время дальность видимого горизонта наблюдателя будет D_e (рис. 11).

Следовательно, полная дальность видимости предмета D_{Π} для данного наблюдателя определится как сумма дальности видимого горизонта предмета D_h и дальности видимого горизонта наблюдателя D_e

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

Если h и e даны в метрах, то

$$D_{\Pi} = 2,08\sqrt{h} + 2,08\sqrt{e},$$

или

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

На английских картах высоты ориентиров дают в футах. Для определения дальности видимого горизонта с высоты предмета, выраженной в футах, существует формула

$$D_h = 1,15\sqrt{h_{\text{ф}}}. \quad (5)$$

Поэтому если h в футах, а e в метрах, то

$$D_{\text{п}} = 1,15\sqrt{h_{\text{ф}}} + 2,08\sqrt{e_{\text{м}}}. \quad (6)$$

Как и D_e , $D_{\text{п}}$ на практике определяют с помощью табл. 22 МТ—75, а также графическим приемом с помощью номограммы Струйского, приведенной в приложении 6 МТ—75, имея в виду, что $D_{\text{п}} = D_h + D_e$, или с помощью логарифмической линейки. При решении на логарифмической линейке формулы $D_h = 1,15\sqrt{h_{\text{ф}}}$ порядок действий остается прежним, но визир бегунка устанавливается на отсчет 1,15, а не на отсчет 2,08.

Примеры. 1. Высота маяка над уровнем моря $h = 48$ м. Высота глаза наблюдателя $e = 16,5$ м. Определить дальность видимости маяка для данного наблюдателя $D_{\text{п}}$.

Решение. Из табл. 22 МТ—75 находим:

$$\begin{array}{r} \text{для } h = 48 \text{ м} \quad D_h = 14,4 \text{ мили} \\ \text{для } e = 16,5 \text{ м} \quad D_e = 8,5 \text{ мили} \\ \hline D_{\text{п}} = 22,9 \text{ мили} \end{array}$$

2. Высота маяка над уровнем моря, указанная на английской карте, $h = 61$ фут. Высота глаза наблюдателя $e = 8,6$ м. Определить дальность видимости маяка для данного наблюдателя.

Решение. С помощью логарифмической линейки находим:

$$\begin{array}{r} \text{для } e = 8,6 \text{ м} \quad D_e = 6,1 \text{ мили (коэффициент 2,08)} \\ \text{для } h = 61 \text{ фут} \quad D_h = 9,0 \text{ мили (коэффициент 1,15)} \\ \hline D_{\text{п}} = 15,1 \text{ мили} \end{array}$$

Приведенные формулы, а также рассчитанная по ним номограмма Струйского дают географическую дальность видимости предмета, зависящую от высоты предмета и высоты глаза наблюдателя. Полученные результаты относятся к дневному времени при нормальном состоянии атмосферы, без учета физиологических данных наблюдателя. В действительности земная рефракция бывает иногда столь велика, что предметы становятся видимы значительно дальше обычного. И наоборот, пасмурная погода, дымка или туман снижают дальность видимости предметов.

Для ночных наблюдений маяки и некоторые другие навигационные сооружения имеют огни. Для обеспечения работы штурмана на морских картах указывается дальность видимости этих огней в морских милях. По установившейся традиции дальность видимости огней на советских картах указывается для высоты глаза наблюдателя 5 м,

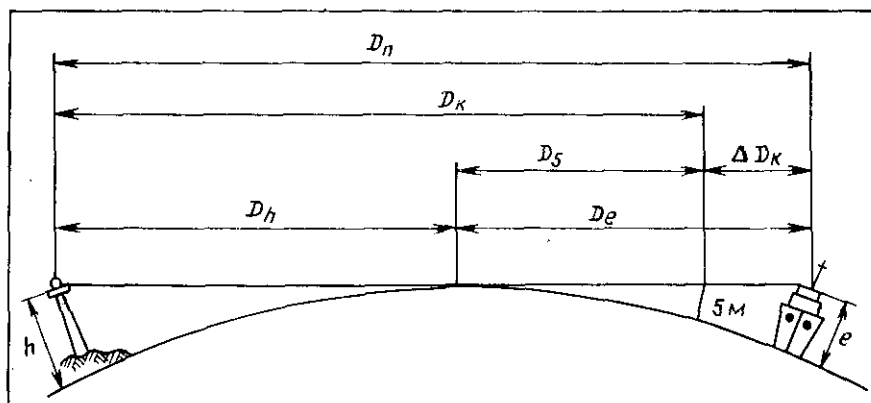


Рис. 11

а на английских — для высоты 15 фут. Это высота глаза на мостике небольшого торгового или промышленного судна. Но фактическая высота глаза наблюдателя может значительно отличаться от 5 м или 15 фут. Поэтому дальность видимости огня для данного наблюдателя может оказаться больше или меньше указанной на карте.

Для определения полной дальности видимости огня D_{Π} по указанной дальности на карте D_{κ} учитывают поправку на высоту глаза наблюдателя ΔD_{κ} .

Из рис. 11 видно, что

$$D_{\Pi} = D_{\kappa} + \Delta D_{\kappa}, \quad (7)$$

при этом для советских карт

$$\Delta D_{\kappa} = D_e - D_{5\text{м}},$$

а для английских

$$\Delta D_{\kappa} = D_e - D_{15\text{фут}},$$

где $D_{5\text{м}}$ — дальность видимого горизонта с высоты 5 м, величина постоянная, равная 4,7 мили;

$D_{15\text{фут}}$ — дальность видимого горизонта с высоты 15 фут, также величина постоянная, равная 4,5 мили.

Поправка ΔD_{κ} имеет знак «плюс», если высота глаза наблюдателя больше 5 м, или знак «минус», если высота глаза меньше 5 м.

Примеры. 1. Дальность видимости огня маяка, указанная на советской карте, $D_{\kappa} = 18$ миль. Высота глаза наблюдателя $e = 14,5$ м. Определить дальность видимости огня для данного наблюдателя D_{Π} .

Решение. Решение удобно делать по схеме:

$$\begin{array}{r} -D_e = 7,9 \text{ (табл. 22 МТ—75 или логарифмическая линейка)} \\ \underline{D_5 = 4,7 \text{ (величина постоянная)}} \\ + \Delta D_{\kappa} = +3,2 \\ \underline{D_{\kappa} = 18 \text{ (с карты)}} \\ D_{\Pi} = 21,2 \text{ мили} \end{array}$$

2. Дальность видимости огня маяка, указанная на английской карте: $D_K = 16$ миль. Высота глаза наблюдателя со шлюпки $e = 1,5$ м. Определить D_{II} .

Решение.

$$\begin{array}{r}
 D_e = 2,6 \text{ (табл. 22 МТ—75 или логарифмическая линейка)} \\
 - D_{15 \text{ фут}} = 4,5 \text{ (величина постоянная)} \\
 \hline
 \Delta D_K = -1,9 \\
 + D_K = 16,0 \text{ (с карты)} \\
 \hline
 D_{II} = 14,1 \text{ мили}
 \end{array}$$

Дальность видимости огня зависит не только от высоты огня и высоты глаза наблюдателя, но и силы источника света, устройства маячного аппарата и цвета огня. Эта дальность видимости называется оптической. Обычно оптическая дальность видимости огня соответствует его географической дальности видимости. Но иногда географическая дальность видимости огня больше оптической или, наоборот, оптическая дальность видимости больше географической. Во всех случаях на картах и в других пособиях для плавания указывают меньшую дальность видимости огня — оптическую или географическую.

Следует иметь в виду, что дальность видимости огней, как и предметов в дневное время, зависит от состояния атмосферы. При этом надо учитывать, что огни, установленные на большой высоте, иногда затемняются низкими облаками. Поэтому штурман никогда не должен слепо полагаться на вычисленную дальность видимости огня.

Глава II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ В МОРЕ

§ 8. ОСНОВНЫЕ ПЛОСКОСТИ И ЛИНИИ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАНИЯ В МОРЕ

В любой точке земной поверхности имеется вполне определенное направление, которое легко установить — это направление нити с подвешенным к ней грузом, или направление отвесной линии. Если принять Землю за шар однородной массы, то направление отвесной линии будет перпендикулярно земной поверхности и пройдет через центр Земли. Теоретические исследования и производимые измерения подтверждают, что в различных точках земной поверхности уклонение отвесной линии от направления к центру Земли очень незначительно и практически может быть принято равным нулю. Поэтому отвесную линию называют еще вертикальной линией, или вертикалью.

Плоскости, проходящие через отвесную линию, называются вертикальными, а плоскости, ей перпендикулярные, — горизонтальными.

Воображаемая горизонтальная плоскость HN' , проходящая через глаз наблюдателя A , называется *плоскостью истинного горизонта наблюдателя*. Учитывая, что высота глаза наблюдателя, находящегося на судне, по сравнению с радиусом Земли невелика, можно считать, что плоскость истинного горизонта касается земной поверхности в точке A (рис. 12).

Вертикальная плоскость MM' , проходящая через место наблюдателя A и полюсы Земли, называется *плоскостью истинного меридиана наблюдателя*. Эта плоскость в пересечении с поверхностью Земли образует *истинный меридиан наблюдателя* $P_N A P_S$, а в пересечении с плоскостью истинного горизонта — *линию истинного меридиана* $N—S$ (север—юг), или *полуденную линию*.

Вертикальная плоскость WW' , перпендикулярная плоскости истинного меридиана, называется *плоскостью первого вертикала*. В пересечении с плоскостью истинного горизонта она дает *линию* $O^{st}—W$ (восток—запад), перпендикулярную линии $N—S$.

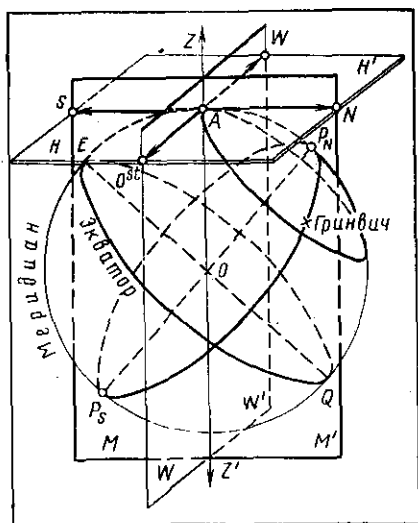


Рис. 12

Линии N—S и O^{st} — W в любой точке Земли, за исключением полюсов, занимают вполне определенное положение и указывают основные направления в плоскости истинного горизонта. Зная хотя бы одно из них, можно определить остальные. Так, если известно направление на N, то наблюдатель, став лицом к N, справа будет иметь O^{st} , а слева W, за спиной — S. Линии N—S и O^{st} — W делят плоскость истинного горизонта наблюдателя на четыре четверти: NO; SO; SW и NW.

На полюсах Земли отвесная линия совпадает с осью вращения Земли и направление плоскости истинного меридиана, а следовательно, и линий N—S и O^{st} — W, становится неопределенным. Любое направление в плоскости истинного горизонта на Северном полюсе будет южным, а на Южном полюсе — северным.

§ 9. ТРИ СИСТЕМЫ ДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТА

Как уже отмечалось, линии N—S и O^{st} — W указывают направления в плоскости горизонта, которые принимают за главные. Однако знания лишь четырех указанных направлений для точной ориентировки наблюдателя недостаточно. Поэтому каждую четверть горизонта делят еще на восемь частей, а весь горизонт, таким образом, на 32 части, которые называются румбами. Отсюда угловая величина румба $\frac{360^\circ}{32} = 11 \frac{1}{4}^\circ$. Такая система деления горизонта называется *румбовой*.

В румбовой системе счет направлений ведется в румбах по четвертям горизонта от точек N и S по направлению к O^{st} или W. При этом румбы имеют соответствующие наименования и порядковые номера от 0 до 8 в каждой четверти (рис. 13).

Румбы N и S называются *главными*, или нулевыми, так как от них ведется счет всех румбов. Румбы O^{st} и W также называются *главными* румбами и на них заканчивается счет румбов в каждой четверти.

Половинные румбы каждой четверти называются *четвертными*. Они делят четверти пополам и их обозначают начальными буквами главных румбов, между которыми они расположены: NO, SO, SW, NW. По наименованию этих румбов называются и четверти плоскости горизонта.

Румбы, расположенные между главными и четвертными, называются *трехбуквенными румбами*. Их названия образуются сочетанием наименования ближайшего главного и затем четвертного румба. Так получают трехбуквенные румбы каждой четверти: NNO, ONO, OSO, SSO, SSW, WSW, WNW, NNW.

Остальные румбы называются *нечетными промежуточными*. Их названия образуются сочетанием наименования ближайшего главного или четвертного румба с прибавлением голландского слова «ten» (предлог направления «к») и наименования главного румба, в сторону которого отсчитывается нечетный румб. Например, в NO-й четверти: 1-й румб — NtO, 3-й румб — NOtN, 5-й румб — NOtO, 7-й румб —

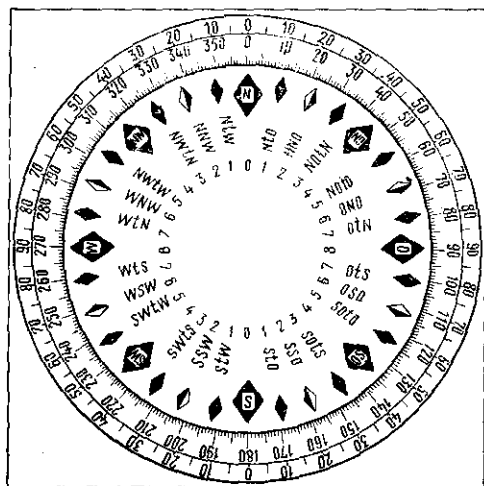


Рис. 13

От N. Аналогично образуются наименования нечетных промежуточных румбов в остальных четвертях.

Румбовая система в настоящее время сохранилась для указания приближенных направлений, например при указании направления ветра.

Продолжением и развитием румбовой системы явилась четвертная система деления горизонта. В этой системе четверти горизонта стали делить на 90° , т. е. весь горизонт был поделен на 360 направлений, названных градусами. Принцип же счета направлений сохранился прежний: от N.

или S — (0°) к Ost или W — (90°) с добавлением наименования четверти, например: NO 56° , SO 70° и т. д. (см. рис. 13).

Четвертной системой пользуются при рассмотрении некоторых теоретических вопросов, а также при определении места астрономическими способами и в некоторых других случаях.

В начале двадцатого столетия появилась очень простая и удобная круговая система деления горизонта, которая в настоящее время является общепризнанной и основной. В этой системе весь горизонт разбит на 360° и счет направлений ведется от 0° , совпадающего с N-й частью истинного меридиана, по часовой стрелке до 360° (см. рис. 13). Учитывая, что точке N соответствует 0 или 360° , а точке S — 180° , нетрудно переходить от четвертной системы счета к круговой и обратно.

Примеры. 1. Даны направления в четвертном счете NO 40° , SO 70° , SW 60° и NW 20° . Выразить эти направления в круговом счете.

Решение.

Направления в четвертном счете, $^\circ$. Направления в круговом счете, $^\circ$.

NO 40	40
SO 70	$180 - 70 = 110$
SW 60	$180 + 60 = 240$
NW 20	$360 - 20 = 340$

2. Даны направления в круговом счете 55° , 140° , 235° и 320° . Выразить эти направления в четвертном счете.

Решение.

Направления в круговом счете, $^\circ$. Направления в четвертном счете, $^\circ$.

55	NO 55
140	$180 - 140 =$ SO 40
235	$235 - 180 =$ SW 55
320	$360 - 320 =$ NW 40

В табл. 1 приведены соотношения направлений всех трех систем деления горизонта.

Таблица 1

№ румба	Наименование румба	Система		№ румба	Наименование румба	Система	
		четвертная	круговая			четвертная	круговая
0	N	NO 0°	0°=360°	0	S	SW 0°	180°
1	NtO	NO 11° $\frac{1}{4}$	11° $\frac{1}{4}$	1	StW	SW 11° $\frac{1}{4}$	191° $\frac{1}{4}$
2	NNO	NO 22° $\frac{1}{2}$	22° $\frac{1}{2}$	2	SSW	SW 22° $\frac{1}{2}$	202° $\frac{1}{2}$
3	NOtN	NO 33° $\frac{3}{4}$	33° $\frac{3}{4}$	3	SWtS	SW 33° $\frac{3}{4}$	213° $\frac{3}{4}$
4	NO	NO 45°	45°	4	SW	SW 45°	225°
5	NOtO	NO 56° $\frac{1}{4}$	56° $\frac{1}{4}$	5	SWtW	SW 56° $\frac{1}{4}$	236° $\frac{1}{4}$
6	ONO	NO 67° $\frac{1}{2}$	67° $\frac{1}{2}$	6	WSW	SW 67° $\frac{1}{2}$	247° $\frac{1}{2}$
7	OtN	NO 78° $\frac{3}{4}$	78° $\frac{3}{4}$	7	WtS	SW 78° $\frac{3}{4}$	258° $\frac{3}{4}$
8	Ost	NO 90° SO	90°	8	W	SW 90° NW	270°
7	OtS	SO 78° $\frac{3}{4}$	101° $\frac{1}{4}$	7	WtN	NW 78° $\frac{3}{4}$	281° $\frac{1}{4}$
6	OSO	SO 67° $\frac{1}{2}$	112° $\frac{1}{2}$	6	WNW	NW 67° $\frac{1}{2}$	292° $\frac{1}{2}$
5	SOtO	SO 56° $\frac{1}{4}$	123° $\frac{3}{4}$	5	NWtW	NW 56° $\frac{1}{4}$	303° $\frac{3}{4}$
4	SO	SO 45°	135°	4	NW	NW 45°	315°
3	SOtS	SO 33° $\frac{3}{4}$	146° $\frac{1}{4}$	3	NWtN	NW 33° $\frac{3}{4}$	326° $\frac{1}{4}$
2	SSO	SO 22° $\frac{1}{2}$	157° $\frac{1}{2}$	2	NNW	NW 22° $\frac{1}{2}$	337° $\frac{1}{2}$
1	StO	SO 11° $\frac{1}{4}$	168° $\frac{3}{4}$	1	NtW	NW 11° $\frac{1}{4}$	348° $\frac{3}{4}$
0	S	SO 0°	180°	0	N	NW 0°	360°=0°

Направление на предмет определяется положением вертикальной плоскости, проходящей через место наблюдателя и предмет.

Двугранный угол, образованный северной частью плоскости истинного меридиана и вертикальной плоскостью, проходящей через наблюдателя и предмет, называется *истинным пеленгом (ИП)* предмета. Истинный пеленг отсчитывается от северной части плоскости истинного меридиана по часовой стрелке до направления на предмет и может быть от 0 до 360°.

На земной поверхности истинный пеленг представляет сферический угол, сторонами которого являются дуги больших кругов: северная часть меридиана наблюдателя и след от пересечения земной поверхности вертикальной плоскостью, проходящей через наблюдателя и предмет (см. рис. 14).

В плоскости истинного горизонта истинный пеленг представляет угол, заключенный между северной частью линии истинного меридиана и линией пеленга. Линией пеленга называется прямая, совпадающая с направлением на предмет.

Таким образом, истинный пеленгом называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от северной части истинного меридиана по часовой стрелке до направления на предмет.

Угол, отличающийся от истинного пеленга на 180°; называется *обратным истинным пеленгом (ОИП)*.

$$ОИП = ИП \pm 180^\circ,$$

откуда

$$ИП = ОИП \pm 180^\circ,$$

где знак «плюс» берется, если *ИП (ОИП)* меньше 180°, знак «минус», если *ИП (ОИП)* больше 180°.

Иногда обратным истинным пеленгом называют угол при предмете, отсчитываемый от северной части меридиана предмета по часовой стрелке до направления на наблюдателя.

Направления с судна на различные предметы часто определяются относительно диаметральной плоскости.

Двугранный угол, заключенный между носовой частью диаметральной плоскости судна и вертикальной плоскостью, проходящей через предмет, называется *курсовым углом (КУ)* предмета. Курсовой угол на земной поверхности представляет сферический угол *ДАВ* (см. рис. 14), а в плоскости истинного горизонта — соответствующий ему плоский угол *ДАВ* (см. рис. 15).

Курсовой угол отсчитывается от носовой части диаметральной плоскости судна вправо или влево до направления на предмет от 0 до 180°. Курсовой угол, отсчитываемый вправо, называется курсовым углом правого борта (*КУ пр/б*), курсовой угол, отсчитываемый влево, — курсовым углом левого борта (*КУ л/б*). Из рис. 15 видно, что *ИК, ИП* и *КУ* связаны соотношением:

$$ИП_{\text{в}} = ИК + КУ \text{ пр/б}; \quad ИП_{\text{с}} = ИК - КУ \text{ л/б},$$

т. е.

$$ИП = ИК \pm КУ_{\text{л/б}}^{\text{пр/б}}$$

(8)

В практической деятельности судоводителю иногда приходится переводить направления в румбах в направления в градусах по круговой системе деления горизонта и осуществлять обратный переход. Для этой цели можно пользоваться табл. 41 МТ—75, где румбы даны в порядковой нумерации от 1 до 32.

§ 10. ИСТИННЫЙ КУРС. ИСТИННЫЙ ПЕЛЕНГ. КУРСОВОЙ УГОЛ

Во время плавания судоводителю постоянно приходится иметь дело с направлением движения судна и направлениями на различные предметы: маяки, встречные суда и т. п.

Направление движения судна определяется положением его диаметральной плоскости по отношению к плоскости истинного меридиана.

Двугранный угол, образованный северной частью плоскости истинного меридиана и носовой частью диаметральной плоскости судна, называется *истинным курсом (ИК)*. В круговом счете истинный курс отсчитывается от северной части плоскости истинного меридиана по часовой стрелке до носовой части диаметральной плоскости судна в пределах от 0 до 360°.

На земной поверхности истинный курс представляет собой сферический угол, сторонами которого являются дуги больших кругов: северная часть меридиана наблюдателя и след от пересечения земной поверхности диаметральной плоскостью судна в сторону его движения (рис. 14).

В плоскости истинного горизонта истинный курс представляет угол, заключенный между *Н*-й частью линии истинного меридиана и линией курса. *Линией курса* называется прямая, совпадающая с диаметральной плоскостью судна, проведенная в сторону его движения (рис. 15).

Таким образом, истинным курсом называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от северной части истинного меридиана по часовой стрелке до линии курса.

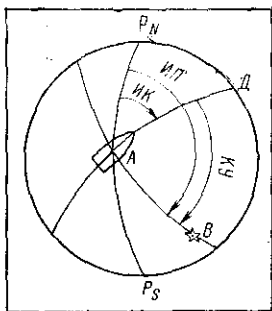


Рис. 14

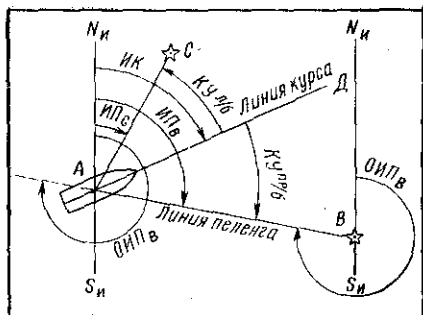


Рис. 15

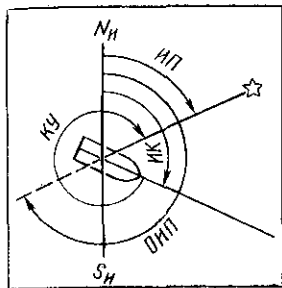


Рис. 19

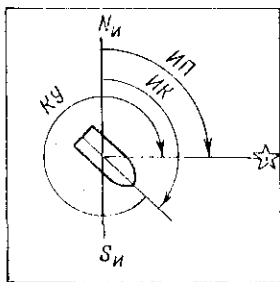


Рис. 20

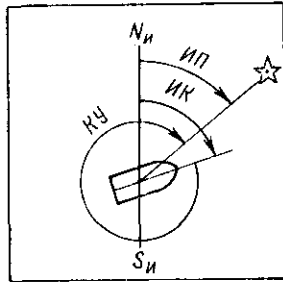


Рис. 21

3. $ИП = 240,0^\circ$, $ИК = 315,0^\circ$. Определить $КУ$ (рис. 18).

Решение.

$$\begin{array}{r} - \text{ИП} = 240,0^\circ \\ - \text{ИК} = 315,0^\circ \\ \hline \text{КУ} = -75,0^\circ \\ \text{КУ} = 75,0^\circ \text{ л/б.} \end{array}$$

В последнее время все чаще применяется круговой счет курсовых углов. При этом счете $КУ$ отсчитывается от носовой части диаметральной плоскости судна по часовой стрелке до направления на предмет и может быть от 0 до 360° . Соотношение между $ИК$, $ИП$ и $КУ$ в этом случае определяется следующими формулами:

$$\left. \begin{array}{l} ИП = ИК + КУ \\ ИК = ИП - КУ \\ КУ = ИП - ИК \end{array} \right\} \quad (10)$$

Примеры 1. $ИК = 120,0^\circ$; $КУ = 300,0^\circ$. Определить $ИП$ и $ОИП$ (рис. 19).

Решение.

$$\begin{array}{r} + \text{ИК} = 120,0^\circ \\ + \text{КУ} = 300,0^\circ \\ \hline + \text{ИП} = 420,0^\circ = 60,0^\circ \\ \quad \quad \quad 180,0^\circ \\ \hline \text{ОИП} = 240,0^\circ \end{array}$$

2. $ИП = 90,0^\circ$; $ИК = 140^\circ$. Определить $КУ$ (рис. 20).

Решение.

$$\begin{array}{r} - \text{ИП} = 90,0^\circ (450^\circ) \\ - \text{ИК} = 140,0^\circ \\ \hline \text{КУ} = 310,0^\circ \end{array}$$

3. $ИП = 45^\circ$; $КУ = 340,0^\circ$. Определить $ИК$ (рис. 21).

Решение.

$$\begin{array}{r} - \text{ИП} = 45,0^\circ (405^\circ) \\ - \text{КУ} = 340,0^\circ \\ \hline \text{ИК} = 65,0^\circ \end{array}$$

Если курсовой угол предмета равен 90° правого или левого борта (при полукруговом счете) или $90, 270^\circ$ (при круговом), то говорят, что предмет находится на траверзе правого или левого борта. *Траверз-*

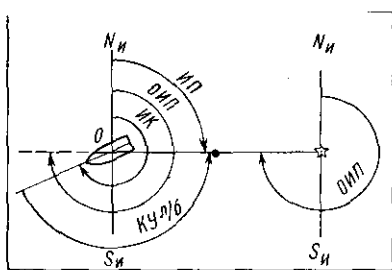


Рис. 16

Если курсовому углу правого борта приписывать знак «плюс», а левого борта «минус», то получим алгебраические формулы:

$$\left. \begin{aligned} ИП &= ИК + (\pm КУ) \\ ИК &= ИП - (\pm КУ) \\ \pm КУ &= ИП - ИК \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Следует иметь в виду, что в формулах (8), (9) только $КУ$ имеет знак «плюс» или «минус», величины $ИП$ и $ИК$ всегда положительны.

Если при расчете $ИП$ или $ИК$ уменьшаемое меньше вычитаемого, то к уменьшаемому нужно прибавить 360° . Если на основании расчетов $ИП$ или $ИК$ получились больше 360° , то надо вычесть 360° .

Если $КУ$ получится больше 180° , то нужно взять дополнение до 360° и изменить знак $КУ$ на противоположный.

Решим несколько примеров, сопровождая их пояснительными чертежами.

Примеры. 1. $ИК = 240,0^\circ$; $КУ = 150^\circ$ л/б. Определить $ИП$ и $ОИП$ (рис. 16).

Решение.

$$\begin{array}{r} \overset{\ominus}{ИК} = 240,0^\circ \\ + КУ = -150,0 \\ \hline + ИП = 90,0^\circ \\ \quad 180,0 \\ \hline ОИП = 270,0^\circ \end{array}$$

Для графического решения этого примера проводим направление истинного меридиана $N_{н} - S_{н}$ и под углом курса, равным $240,0^\circ$, из точки O (место компаса на судне) прокладываем от нордовой части истинного меридиана направление диаметральной плоскости судна. От него под углом 150° влево ($КУ = 150,0^\circ$ л/б) прокладываем направление на ориентир. Угол между нордовой частью истинного меридиана и направлением на ориентир даст $ИП$, а между обратным направлением на ориентир — $ОИП$. Строить при ориентире линию $N_{н} - S_{н}$ не всегда обязательно (рис. 17).

2. $ИП = 80,0^\circ$; $КУ = 120,0^\circ$ пр/б. Определить $ИК$ (см. рис. 17).

Решение.

$$\begin{array}{r} ИП = 80,0^\circ (440^\circ) \\ - КУ = +120,0 \\ \hline ИК = 320,0^\circ \end{array}$$

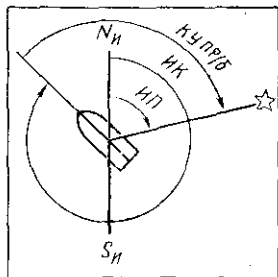


Рис. 17

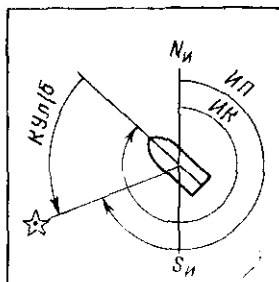


Рис. 18

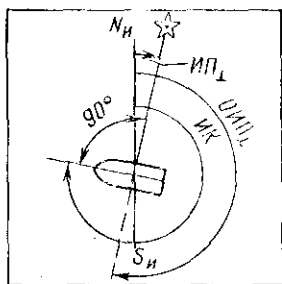


Рис. 22

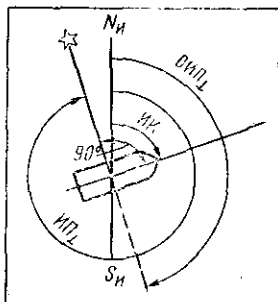


Рис. 23

зом называется направление, перпендикулярное диаметральной плоскости судна или, что то же самое, линии истинного курса. Судоводители часто траверз обозначают значком \perp .

Истинный пеленг предмета, находящегося на траверзе, определяют по формуле

$$ИП_{\perp} = ИК \pm 90^{\circ}, \quad (11)$$

где знак «плюс», если предмет находится на траверзе правого борта, и «минус», если предмет на траверзе левого борта.

Обратный истинный пеленг предмета на траверзе находится из соотношения

$$ОИП_{\perp} = ИП_{\perp} \pm 180^{\circ}.$$

Примеры. 1. $ИК = 280,0^{\circ}$. Определить $ИП$ и $ОИП$ предмета на траверзе правого борта (рис. 22).

Решение.

$$\begin{array}{r} + ИК = 280,0^{\circ} \\ + КУ = 90,0^{\circ} \\ \hline + ИП = 370,0^{\circ} = 10,0^{\circ} \\ + КУ = 180,0^{\circ} \\ \hline ОИП = 190,0^{\circ} \end{array}$$

2. $ИК = 75,0^{\circ}$. Определить $ИП$ и $ОИП$ предмета на траверзе левого борта (рис. 23).

Решение.

$$\begin{array}{r} - ИК = 75,0^{\circ} (435,0^{\circ}) \\ \quad 90,0 \\ \hline - ИП_{\perp} = 345,0^{\circ} \\ - \quad 180,0 \\ \hline ОИП_{\perp} = 165,0^{\circ} \end{array}$$

§ 11. ПРИБОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ

Основным прибором, служащим для определения направлений в море, является компас (рис. 24).

Главной рабочей частью компаса, по которой отсчитываются направления, является картушка — круг на вертикальной оси, раз-

битый по окружности от 0 до 360° и удерживаемый естественными или искусственными силами так, что диаметр картушки $0-180^\circ$ совпадает или почти совпадает с направлением истинного меридиана N_H-S_H . Таким образом, картушка неподвижна относительно земной поверхности и всегда занимает определенное положение.

Картушка помещается в котелке магнитного компаса или репитере (специальном приборе, повторяющем показания основного прибора) с жестко укрепленным на нем азимутальным кольцом. Верхний срез азимутального кольца с нанесенной градусной шкалой называется азимутальным кругом. Азимутальный круг разбит по окружности от 0 вправо и влево до 180° у старых компасов, а у новых — от 0 по часовой стрелке до 360° , причем диаметр азимутального круга $0-180^\circ$ совпадает с диаметральной плоскостью судна.

С внутренней стороны азимутального кольца в диаметральной плоскости судна крепится курсовая черта.

При повороте судна от северной части истинного меридиана, например, на 70° вправо картушка остается неподвижной, а котелок компаса с азимутальным кольцом и курсовой чертой повернется относительно картушки также на 70° и курсовая черта остановится напротив деления картушки 70° . Это деление будет соответствовать курсу судна на 70° .

На азимутальное кольцо установлен пеленгатор — инструмент для определения направлений на различные предметы. Пеленгатор имеет предметную и глазную мишени.

После того как судно легло на курс, пеленгатор направляется предметной мишенью на предмет. На картушке компаса напротив предметной мишени будет деление, соответствующее пеленгу предмета, в данном случае 110° , а напротив глазной мишени деление, соответствующее обратному пеленгу — 290° . На азимутальном кольце напротив

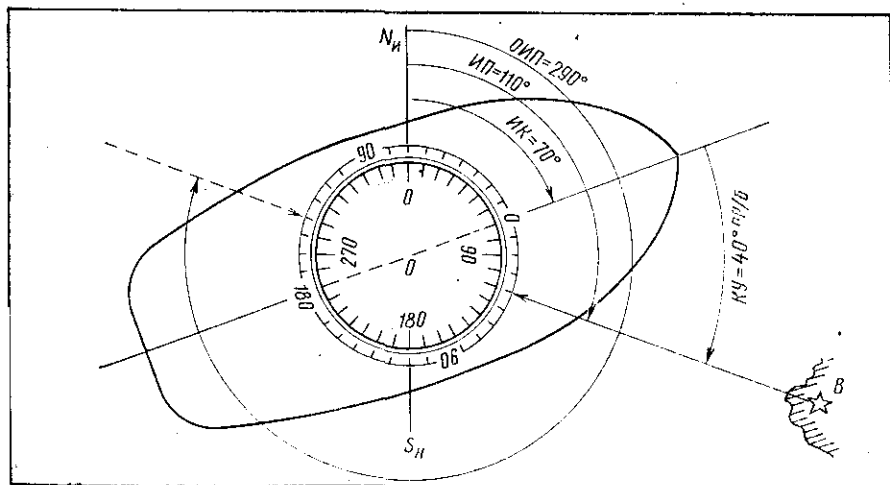


Рис. 24

предметной мишени будет деление, соответствующее курсовому углу предмета, в данном примере — 30° .

В настоящее время в судовождении применяют два основных типа компасов: магнитные стрелочные компасы и гирокомпасы.

Наличие на судне гироскопических и магнитных компасов позволяет осуществлять взаимный контроль их работы, повышает надежность и точность определения направлений.

Кроме того, магнитный компас, будучи автономным прибором, постоянно готовым к действию, может быть использован в аварийном случае при неисправности гирокомпаса или при отсутствии электропитания.

По назначению магнитные компасы подразделяются на главные, путевые и шлюпочные.

По главному компасу ложатся на заданный курс и определяют место судна, по путевому — рулевой удерживает судно на заданном курсе, по шлюпочным (это магнитные компасы малых размеров) — ориентируются в море при самостоятельном плавании на шлюпках.

В курсе «Навигация» рассматривают лишь вопросы использования компасов для судовождения. Устройство компасов и уход за ними изучаются в специальных курсах.

§ 12. ЗЕМНОЙ МАГНЕТИЗМ И ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ

В магнитном отношении Земля представляет собой огромный по размерам, но слабый по силе магнит с двумя полюсами. Магнитные полюсы Земли находятся сравнительно недалеко от географических. Наблюдения показывают, что магнитные полюсы не остаются неподвижными, а постепенно изменяют свое положение относительно географических полюсов. Так, в 1600 г. северный магнитный полюс находился в 1300 км от географического, а в настоящее время — примерно в 2000 км. Географические координаты магнитных полюсов в 1965 г. составляли: для северного $\varphi = 72^\circ \text{ N}$, $\lambda = 96^\circ \text{ W}$, для южного $\varphi = 70^\circ \text{ S}$, $\lambda = 150^\circ \text{ Ost}$.

Считается, что в южном магнитном полюсе сосредоточен положительный магнетизм, а в северном — отрицательный. Пространство вокруг Земли пронизано магнитными силовыми линиями, которые исходят из южного магнитного полюса, огибают весь земной шар и замыкаются на северном (рис. 25).

Магнитное поле Земли в каждой точке характеризуется величиной его напряженности T , т. е. силой, которая действует на единицу положительного магнетизма, и направлением этой силы. Вектор T направлен по касательной к силовой линии. Поэтому если в некоторой точке A поместить свободно подвешенную магнитную стрелку, то ее ось расположится в направлении вектора T . При этом магнитная стрелка будет наклонена по отношению к плоскости горизонта и отклонена в сторону от плоскости истинного меридиана.

Вертикальный угол между осью свободно подвешенной магнитной стрелки и горизонтальной плоскостью называется *магнитным накло-*

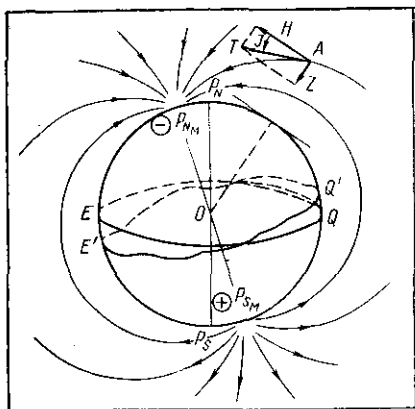


Рис. 25

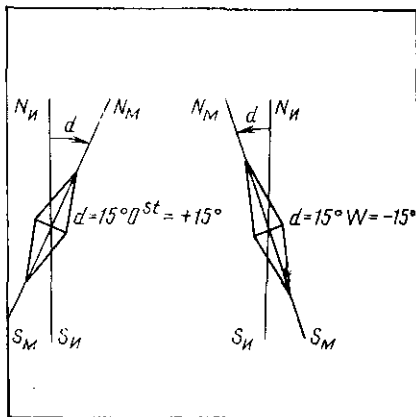


Рис. 26

нением I . На магнитных полюсах наклонение максимальное и равно 90° , по мере удаления от полюсов оно уменьшается, например в Мурманске 77° , в Одессе 62° и т. д., пока не достигнет 0° . Совокупность точек на земной поверхности, где магнитное наклонение равно 0, называется *магнитным экватором*. Магнитный экватор — это неправильная кривая, пересекающая земной экватор в двух точках.

Вертикальная плоскость, проходящая через ось свободно подвешенной магнитной стрелки, называется *плоскостью магнитного меридиана*. На пересечении с плоскостью истинного горизонта эта плоскость образует линию магнитного меридиана, или просто магнитный меридиан N_M-S_M .

В общем случае плоскость магнитного меридиана не совпадает с плоскостью истинного меридиана. Угол, на который плоскость магнитного меридиана отклоняется от плоскости истинного меридиана в данной точке земной поверхности, называется *магнитным склонением d* .

Магнитное склонение отсчитывается в плоскости горизонта от северной части истинного меридиана к O^{st} или W до северной части магнитного меридиана. При этом, если северная часть магнитного меридиана отклонена от истинного меридиана к O^{st} , то склонению приписывают наименование O^{st} (остовое) или знак «плюс», если к W , то W (вестовое) или знак «минус» (рис. 26).

Величина магнитного склонения в разных точках земной поверхности различна. В большинстве мест мирового судоходства оно колеблется от 0 до 25° , но в высоких широтах, в местах, близких к магнитным полюсам, оно может достигать нескольких десятков градусов, а между одноименными магнитными и географическими полюсами 180° .

Полную силу земного магнетизма T можно разложить на горизонтальную H и вертикальную Z составляющие (см. рис. 25), где

$$\left. \begin{aligned} H &= T \cos I \\ Z &= T \sin I \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Горизонтальная составляющая H устанавливает магнитную стрелку в плоскости магнитного меридиана и удерживает ее в этом положении. Из формул видно, что на магнитном экваторе, где наклонение $I = 0$, горизонтальная составляющая имеет максимальную величину, т. е. $H = T$, а вертикальная $Z = 0$. Поэтому условия для работы магнитного компаса на экваторе и вблизи него наиболее благоприятны. На магнитных полюсах, где $I = 90^\circ$, $H = 0$, а $Z = T$, магнитный компас не работает.

Величины T , I , d , H и Z называются элементами земного магнетизма, из них важнейшим для навигации является магнитное склонение d .

§ 13. ИЗМЕНЯЕМОСТЬ МАГНИТНОГО СКЛОНЕНИЯ

В отдельных районах земной поверхности наблюдаются резкие отклонения элементов земного магнетизма, и в частности магнитного склонения, от их средних значений в окружающих точках. Напримр, в Финском заливе около маяка Юссарэ магнитное склонение изменяется от 109° W до $176^\circ \text{ O}^{\text{st}}$, в то время как в море на расстоянии 5—6 миль от маяка склонение равно нескольким градусам O^{st} . Такое резкое изменение магнитного поля Земли в некоторых районах земной поверхности называется *магнитной аномалией*. Наличие магнитных аномалий объясняется неоднородностью строения земной коры и скоплением магнитных пород под поверхностью Земли, способных создавать добавочное аномальное магнитное поле. Районы магнитных аномалий могут достигать размеров до нескольких десятков и даже сотен миль и встречаются как на суше, так и в море. В СССР наибольшие магнитные аномалии имеются в Балтийском, Баренцевом, Белом и Черном морях.

Районы магнитных аномалий на морских навигационных картах очерчены кривыми черными линиями, с указанием крайних пределов изменения магнитного склонения. Если границы магнитных аномалий определены недостоверно, то их обозначают пунктиром. Незначительные по площади магнитные аномалии указывают знаком \times , возле которого ставят величину склонения.

При плавании в районе магнитной аномалии следует иметь в виду, что нанесенные на карту границы аномалии приближенны, а показания магнитного компаса ненадежны.

Как уже отмечалось, магнитное поле Земли изменяется с течением времени. Изменения элементов земного магнетизма во времени называются магнитными вариациями, а изменение магнитного склонения — вариацией магнитного склонения.

Вариации магнитного склонения подразделяются на вековые и суточные. Вековые — это изменения среднегодовых значений магнитного склонения из года в год. Период вековых вариаций склонения достигает нескольких сотен лет, а амплитуда — до $30\text{—}35^\circ$, причем в различных пунктах Земли она неодинакова. В результате изучения вековых вариаций для различных районов земной поверхности уста-

навливают величину годового изменения склонения (увеличение или уменьшение) в данном месте Земли. Наблюдениями установлено, что годовое изменение магнитного склонения не превышает $\pm 15'$, или $\pm 0,25^\circ$.

Суточные, или, как их называют, солнечно-суточные вариации магнитного склонения — это изменение склонения в течение солнечных суток. Например, в Ленинграде за сутки склонение изменяется в пределах $16'$, достигая максимума в 8 ч и минимума в 14 ч местного времени. Суточные вариации склонения в судовождении не учитываются.

Элементы земного магнетизма, в том числе магнитное склонение, иногда внезапно и резко изменяются. Это явление носит название *магнитных бурь*, действуют они в течение нескольких часов или даже суток. При этом склонение может изменяться в пределах нескольких градусов в средних широтах и до 50° — в высоких. Магнитные бури связаны с деятельностью Солнца, наблюдаются во время полярных сияний. Во время магнитной бури пользоваться показаниями магнитного компаса нельзя.

§ 14. ВЫБОРКА МАГНИТНОГО СКЛОНЕНИЯ

Обычно выборку магнитного склонения производят с морской навигационной карты, на которой ведут прокладку пути судна. Для этого в различных местах карты помещают данные о магнитном склонении в виде сокращенных надписей, например «магн. скл. $4,5^\circ$ О^е», что означает: склонение компаса $4,5^\circ$ остовое; «магн. скл. $2,7^\circ$ W^е» — склонение компаса $2,7^\circ$ востовое. Иногда эти данные помещают в середине нанесенных на карту изображений картушек компаса. В общем случае данные о склонении на карте приводятся так, чтобы, интерполируя значения между ними, можно было получить величину склонения в любой промежуточной точке.

Если карта охватывает небольшой участок водной поверхности, в пределах которого магнитное склонение практически не меняется, все данные о нем дают в заголовке карты.

Показанные на карте величины магнитного склонения действительны только на определенный год, указанный в заголовке карты. Здесь же приводят годовое изменение склонения. Если оно неодинаково для всей карты, то его величину указывают под каждой сокращенной надписью о склонении. Этими данными можно пользоваться в течение 5—10 лет.

Прежде чем приступить к прокладке пути судна, необходимо склонения на карте в районе плавания судна привести к году плавания. Новые значения склонения следует надписать карандашом вместо прежних, временно зачеркнув их наклонной чертой.

Чтобы получить магнитное склонение для данного года d_2 , нужно к обозначенному на карте склонению d_1 прибавить или от него отнять годовое изменение склонения Δd , помноженное на число лет, прошедших от года, для которого указаны данные о склонении, т. е.

$$d_2 = d_1 \pm n\Delta d, \quad (13)$$

где $n\Delta d$ прибавляется к указанному на карте склонению в случае увеличения годового склонения или вычитается — в случае его уменьшения.

Примеры. 1. Склонение на карте $d = 4,5^\circ \text{ W}$ относится к 1975 г.; годовое увеличение $\Delta d = 0,12^\circ$. Определить склонение в 1982 г.

Решение. $d_{82} = d_{75} + n\Delta d$; $n = 1982 - 1975 = 7$; $n\Delta d = 7 \times 0,12^\circ = 0,84^\circ \approx 0,8^\circ$.

$$\begin{array}{r} + d_{75} = 4,5^\circ \text{ W} \\ + n\Delta d = 0,8^\circ \\ \hline d_{82} = 5,3^\circ \text{ W} \end{array}$$

2. Склонение на карте $d = 4,8^\circ \text{ Ost}$ относится к 1975 г.; годовое уменьшение $\Delta d = 0,08^\circ$. Определить склонение в 1981 г.

Решение. $d_{81} = d_{75} - n\Delta d$; $n = 1981 - 1975 = 6$; $n\Delta d = 6 \times 0,08^\circ = 0,48^\circ \approx 0,5^\circ$.

$$\begin{array}{r} - d_{75} = 4,8^\circ \text{ Ost} \\ - n\Delta d = 0,5^\circ \\ \hline d_{81} = 4,3^\circ \text{ Ost} \end{array}$$

3. Склонение на карте $d = 1,20^\circ$ относится к 1975 г.; годовое уменьшение $\Delta d = 0,24^\circ$. Определить склонение в 1981 г.

Решение. $d_{81} = d_{75} - n\Delta d$; $n = 1981 - 1975 = 6$; $n\Delta d = 6 \times 0,24^\circ = 1,44^\circ \approx 1,4^\circ$.

$$\begin{array}{r} - d_{75} = 1,2^\circ \text{ Ost} \\ - n\Delta d = 1,4^\circ \\ \hline d_{81} = -0,2^\circ = 0,2^\circ \text{ W} \end{array}$$

Склонение d_{75} , уменьшаясь, достигло 0° и перешло в склонение другого наименования, достигнув величины $d_{81} = 0,2^\circ \text{ W}$.

Место судна на карте может оказаться между двумя обозначениями склонения, ближайшее из которых имеет величину d' , а другое d'' , тогда склонение определяют путем интерполяции. С этой целью все нанесенные на карту склонения, рядом с которыми проходит курс судна, уже приведенные к году плавания, выносят карандашом на рамку карты (верхнюю или нижнюю, ближе к которой расположен курс). После этого между вынесенными рядом расположенными склонениями с помощью циркуля снимают разность долгот в минутах $PД$ и рассчитывают величину $\Delta = 10(d'' - d')$. Затем делят полученную $PД$ на Δ и получают разность долгот в минутах между десятыми долями изменения склонения $PД' = \frac{PД}{\Delta}$.

Этот способ прост, нагляден и позволяет получать промежуточные величины склонения сразу для нескольких точек через каждую десятую долю градуса или через любое выбранное число десятых долей градуса. Если разбивка производилась через 2, 3, 4 и т. д. десятых градуса, то величина Δ также делится на 2, 3, 4 и т. д.

Пример. Курс судна проходит между обозначенными на карте склонениями $d' = 4,2^\circ \text{ Ost}$ и $d'' = 4,7^\circ \text{ Ost}$; $PД = 0^\circ 30'$. Склонения приведены к 1975 г. Определить магнитное склонение на указанных точках и через каждую десятую долю градуса между ними; если плавание происходит в 1983 г., годовое увеличение $\Delta d = 0,12^\circ$.

Решение. $n\Delta d = 0,12^\circ \times 8 = 0,96 \approx 1,0^\circ$

$$\begin{array}{r} d'_{75} = 4,2^\circ \text{ Ost} \\ + n\Delta d = 1,0 \\ \hline d'_{83} = 5,2^\circ \text{ Ost} \end{array} \quad \begin{array}{r} d''_{75} = 4,7^\circ \text{ Ost} \\ + n\Delta d = 1,0 \\ \hline d''_{83} = 5,7^\circ \text{ Ost} \end{array}$$

$$\Delta = 10 (d'' - d') = 10 (5,7^\circ - 5,2^\circ) = 10 \times 0,5 = 5;$$

$$\frac{PD}{\Delta} = \frac{30'}{5} = 6'.$$

Через каждые 6' долготы наносим на рамке карты засечки карандашом и записываем на них (в данном примере от d') величины склонений через десятую долю градуса $5,3^\circ$; $5,4^\circ$; $5,5^\circ$; $5,6^\circ$. Склонения на различных точках курса выбираем по меридианам записанного на рамке склонения.

В заключение следует отметить, что судоводитель должен весьма критически относиться к выбранному склонению. Величина магнитного склонения наиболее достоверна вблизи берегов и во внутренних морях. Здесь оно известно с точностью $\pm 0,25^\circ$. Следовательно, в указанном районе суммарная ошибка в принятом для учета магнитном склонении обычно не превышает $\pm 0,3$ — $0,4^\circ$, так как ошибка при приведении склонения к году плавания не превышает $\pm 0,1^\circ$. В океане морские съемки ведутся с большой разрядкой и показанные на картах склонения в основном вычислены по формулам, поэтому их значения могут отличаться от действительных на 2 — 3° , а иногда и более.

§ 15. МАГНИТНЫЕ КУРСЫ И ПЕЛЕНГИ.

ПЕРЕХОД ОТ МАГНИТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ К ИСТИННЫМ И ОБРАТНО

Направление движения судна, а также направления на различные предметы можно определять не только по отношению к истинному меридиану, но и относительно магнитного меридиана. Направления, определяемые относительно магнитного меридиана, называются магнитными. Угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от N-й части магнитного меридиана по часовой стрелке до линии курса, называется *магнитным курсом (МК)*.

Угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от N-й части магнитного меридиана по часовой стрелке до направления на предмет, называется *магнитным пеленгом (МП)*.

Магнитные курсы и пеленги могут быть в пределах от 0 до 360° . Угол, отличающийся от магнитного пеленга на 180° , называется *обратным магнитным пеленгом (ОМП)*. Иногда обратным магнитным пеленгом называют угол при предмете, отсчитываемый от N-й части магнитного меридиана предмета по часовой стрелке до направления на наблюдателя,

$$ОМП = МП \pm 180^\circ \text{ или } МП = ОМП \pm 180^\circ. \quad (14)$$

Имея магнитное направление и зная магнитное склонение в данном месте, нетрудно получить истинное направление. Из рис. 27 можно установить следующую зависимость между магнитными и истинными направлениями:

$$\left. \begin{aligned} ИК &= МК + d \\ ИП &= МП + d \\ ОИП &= ОМП + d \end{aligned} \right\}; \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} МК &= ИК - d \\ МП &= ИП - d \\ ОМП &= ОИП - d \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

Эти формулы алгебраические, так как d прибавляется — в формулах (15) или вычитается — в формулах (16) со своим знаком.

Пользуясь формулами (15) или (16), можно рассчитывать магнитное склонение d :

$$d = ИК - МК = ИП - МП = ОИП - ОМП.$$

Зная магнитный курс и курсовой угол предмета, можно найти магнитный пеленг предмета:

$$МП = МК + КУ \text{ пр/б или } МП = МК - КУ \text{ л/б.}$$

Заменяя наименования $КУ$ знаками, получим

$$МП = МК + (\pm КУ),$$

а при круговом счете курсовых углов

$$МП = МК + КУ.$$

Задачи по определению истинных направлений через магнитные и обратно решаются по алгебраическим формулам (15) и (16) и для контроля сопровождаются вспомогательным чертежом.

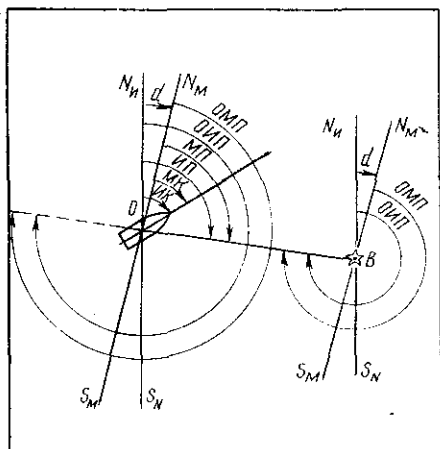


Рис. 27

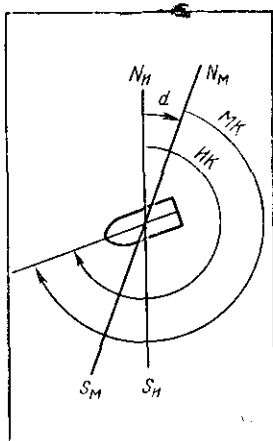


Рис. 28

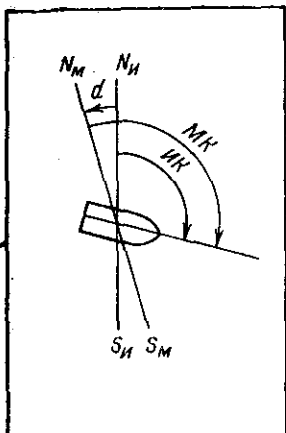


Рис. 29

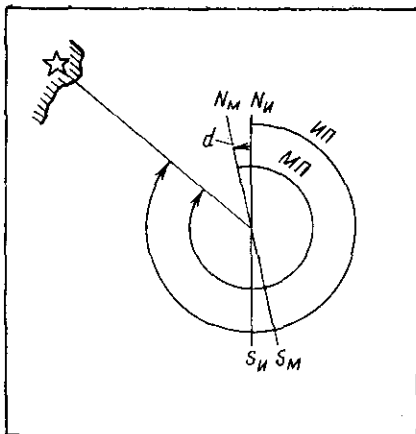


Рис. 30

Примеры. 1. $MK = 246,0^\circ$; $d = 12,0^\circ \text{ Ost}$. Определить IK (рис. 28).

Решение.

$$\begin{array}{r} + MK = 240,0^\circ \\ + d = +12,0 \\ \hline IK = 252,0^\circ \end{array}$$

Графический контроль: проводим истинный меридиан $N_H - S_H$, который принимается за начальный. Под углом $12,0^\circ$ по отношению к нему проводим магнитный меридиан $N_M - S_M$, уклоняя его вправо (к востоку); затем откладываем $MK = 240,0^\circ$; изобразив величины, которые даны, находим и обозначаем искомую величину IK ; на чертеже $IK = MK + d = 240,0^\circ + 12,0^\circ = 252^\circ$, т. е. графическое решение соответствует алгебраическому. В случае несоответствия этих решений нужно найти и устранить ошибку.

2. $IK = 120,0^\circ$; $d = 8,0^\circ \text{ W}$. Определить MK .

Решение.

$$\begin{array}{r} - IK = 120,0^\circ \\ - d = -8,0 \\ \hline MK = 128,0^\circ \end{array}$$

Графический контроль производится так же, как и в первом примере (рис. 29).

3. $ИП = 320,0^\circ$; $МП = 323,0^\circ$. Определить d (рис. 30).

Решение.

$$\begin{array}{r} - ИП = 320,0^\circ \\ - МП = 325,0 \\ \hline d = -5,0^\circ = 5,0^\circ \text{ W} \end{array}$$

§ 16. СУДОВОЙ МАГНЕТИЗМ. ДЕВИАЦИЯ МАГНИТНОГО КОМПАСА

Современные суда строят в основном из специальных сталей и железа. Занимая во время строительства неизменное положение по отношению к магнитному полю Земли, корпус, надстройка и другие части судна постепенно намагничиваются и создают собственные магнитные поля. К ним добавляются магнитные поля, создаваемые судо-

вым электричеством и перевозимым грузом, обладающим магнитными свойствами. Все эти поля образуют судовое магнитное поле, которое неодинаково в различных местах судна.

Магнитная система катушки компаса, установленного на судне, подвергается совокупному влиянию судового магнитного поля в данном месте судна и магнитного поля Земли в данном районе плавания. В результате этого ее магнитная ось и, следовательно, диаметр катушки $0-180^\circ$ устанавливаются в определенном направлении, которое в общем случае отличается от направления магнитного меридиана.

Вертикальная плоскость, проходящая через магнитную ось катушки компаса, установленного на судне, называется *плоскостью компасного меридиана*. След от пересечения плоскости компасного меридиана с плоскостью истинного горизонта называется *линией компасного меридиана*, или *компасным меридианом*, и обозначается N_K-S_K .

Угол, на который плоскость компасного меридиана отклоняется от плоскости магнитного меридиана, называется *девиацией магнитного компаса* δ .

Девиация магнитного компаса отсчитывается в плоскости истинного горизонта от нордовой части магнитного меридиана к O^{st} или W до 180° . Если при этом северная часть компасного меридиана отклонена от магнитного меридиана к востоку, то девиацию называют восточной (остовой) и приписывают ей знак «плюс», если к западу, то девиацию называют западной (вестовой) и приписывают ей знак «минус» (рис. 31).

Величина девиации зависит от целого ряда факторов, прежде всего от места установки компаса на судне. У компаса, установленного на верхнем мостике и, таким образом, несколько удаленного от основных масс судового железа, девиация будет меньше, чем у путевого, установленного внутри рулевой рубки. Выбор места при установке магнитного компаса имеет важное значение. Обычно его устанавливают в диаметральной плоскости ближе к миделю, чтобы в непосредственной близости от него не было значительных железных масс и особенно подвижного железа (кранов, стрел, шлюпбалок и т. п.).

Все судовое железо в магнитном отношении подразделяется на «твердое» и «мягкое». Твердое обладает сильно выраженной способностью удерживать в себе однажды полученный магнетизм, на который

не влияет более слабый по силе земной магнетизм. Мягкое железо не удерживает полученный магнетизм и способно перемагничиваться при изменении даже слабого магнитного поля.

Девиация магнитного компаса будет зависеть и от курса судна. При перемене курса положение судна и всех его железных частей по отношению к магнитному меридиану и магнитной оси катушки изменится. Мягкое судовое желе-

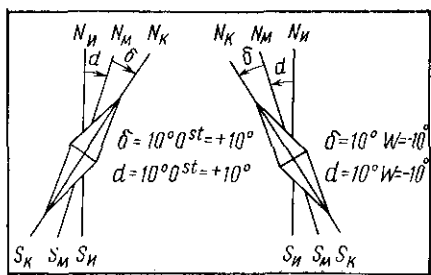


Рис. 31

зо, заняв новое положение в магнитном поле Земли, перемагнитится и, кроме того, будет влиять на картушку с иных направлений. Твердое железо, не меняя своего магнетизма, но изменив вместе с судном положение по отношению к картушке, тоже будет действовать на нее с новых направлений. Взаимодействуя с магнитным полем Земли, эти изменившиеся по величине и направлению силы вызовут изменение девиации компаса.

Девиация магнитного компаса будет изменяться также с изменением широты района плавания судна. При перемене широты изменяется напряженность магнитного поля Земли, и в связи с этим мягкое железо перемагничивается. В результате девиация компаса на одном и том же курсе, но в разных широтах будет неодинакова.

Девиация компаса изменяется при погрузке или выгрузке груза, обладающего собственным магнетизмом или способного намагничиваться или перемагничиваться в магнитном поле Земли и судна. Она может зависеть и еще от целого ряда факторов, вызывающих изменения магнитного состояния судна: от сотрясения корпуса во время шторма, ударов об лед и от других сильных сотрясений, длительного пребывания в одном и том же положении, например при ремонте, при электросварочных работах на судне и т. д.

По характеру возникновения различают полукруговую, четвертную и креновую девиации. Полукруговая создается твердым железом, четвертная — мягким, креновая возникает при качке судна.

Для предотвращения подрыва на магнитных минах во время войны суда подвергаются специальному размагничиванию. С этой целью, чтобы уменьшить до определенных пределов составляющую магнитного поля под килем судна, судовые магнитные поля компенсируют путем наложения на них противоположных электромагнитных полей, создаваемых с помощью различного вида обмоток, устанавливаемых на судне, через которые пропускают электрический ток. Весь комплекс обмоток и аппаратуры для их эксплуатации называется размагничивающим, или защитным, устройством (*ПУ* или *ЗУ*).

Магнитные поля обмоток размагничивающего устройства действуют не только под килем судна на глубину защиты, но и в любой точке над палубой. Следовательно, эти поля оказывают определенное воздействие на систему стрелок магнитного компаса, создавая добавочную девиацию положительного или отрицательного знака. В отличие от обычной девиации, вызываемой судовым железом, девиация, производимая магнитными полями обмоток с током, условно называется электромагнитной. Отдельно наблюдать электромагнитную девиацию нельзя, она наблюдается вместе с магнитной девиацией, увеличивая или уменьшая ее. Электромагнитная девиация появляется при включении обмоток *ПУ* и исчезает при их выключении.

На современном судне девиация магнитного компаса может достигать нескольких десятков градусов. Пользование компасом в таком случае крайне затруднительно, а в некоторых случаях даже невозможно. Силы, производящие столь большую девиацию, на некоторых курсах могут сложиться и направиться так, что уравновесят направляющую силу компаса, которая удерживает магнитную ось картушки в

плоскости компасного меридиана. В результате компас на этих курсах просто не будет работать, так как его картушка будет находиться в положении безразличного равновесия и при повороте судна силами трения увлекается в ту же сторону, показывая один и тот же курс. Если же ослабленная направляющая сила и сможет преодолеть это трение, то ее будет недостаточно для быстрого приведения картушки в компасный меридиан, картушка будет крайне вяло устанавливаться в положении $N_K - S_K$.

При наличии большой девиации изменение курса по компасу не соответствует действительному углу поворота судна. Например, пусть при $KK_1 = 60^\circ \delta_1 = -15^\circ$, а при $KK_2 = 70^\circ \delta_2 = -5^\circ$. Тогда $MK_1 = 60^\circ + (-15^\circ) = 45^\circ$, а $MK_2 = 70^\circ + (-5^\circ) = 65^\circ$, т. е. при изменении курса по компасу на 10° магнитный курс и, следовательно, угол поворота судна изменяется на $65^\circ - 45^\circ = 20^\circ$. На отдельных курсах может случиться, что при повороте судна вправо KK будет не увеличиваться, а уменьшаться, а при повороте судна влево KK будет не уменьшаться, а увеличиваться.

При большой девиации разница между компасными и магнитными курсами очень велика и пришлось бы иметь две таблицы девиации: одну для компасных, другую для магнитных курсов, что в практической работе доставляло бы большие неудобства.

Наконец, при большой девиации определение ее значений на промежуточные табличные курсы путем простой интерполяции было бы не только сложным, но и неверным, так как изменение девиации не пропорционально изменению курсов, что сказалось бы на вычислениях в значительной степени.

Таким образом, для обеспечения надежных и точных показаний магнитного компаса необходимо принимать меры по уничтожению девиации. Теоретическое обоснование и практические приемы уничтожения девиации рассматриваются в курсе «Магнитно-компасное дело». Что касается принципа уничтожения девиации, то он заключается в искусственном создании вблизи картушки компаса магнитных полей, равных, но противоположных по знаку полям, образуемым судовым железом. Таким образом происходит компенсация полей и сил, вызывающих девиацию компаса.

Для уничтожения электромагнитной девиации используются специальные устройства, исключающие воздействие электромагнитного поля обмоток $ЗУ$ или $РУ$ на картушку компаса. Весь комплекс обмоток, устанавливаемых под котелком магнитного компаса, и управляющей аппаратуры таких устройств называется компенсирующим устройством (КУС). В зависимости от количества компенсирующих катушек они подразделяются на КУС-3 (три катушки), КУС-6 (шесть катушек), КУС-9 (девять катушек), КУС-12 (двенадцать катушек).

Работы по уничтожению девиации производятся на специально оборудованном для этого рейде, в режиме судна по-походному, когда трюмы закрыты, палубный груз закреплен, стрелы уложены, работают силовая установка, вспомогательные механизмы и электрические агрегаты.

Уничтожение девиации согласно правилам технической эксплуатации должно производиться не реже одного раза в год и, кроме того,

во всех тех случаях, когда предполагается изменение магнитного состояния судна, т. е. после ремонта или длительной стоянки в порту, по окончании приемки или сдачи груза, обладающего магнитными свойствами при большом изменении магнитной широты в результате переезда из одного пункта в другой и так далее.

§ 17. КОМПАСНЫЕ КУРСЫ И ПЕЛЕНГИ. ПЕРЕХОД ОТ КОМПАСНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ К МАГНИТНЫМ И ОБРАТНО

Направления, определяемые по картушке магнитного компаса относительно компасного меридиана, называются *компасными направлениями*. Положение компасного меридиана указывает диаметр картушки $0-180^\circ$, причем деление 0° картушки показывает на N_K .

Считая, что плоскость картушки компаса совпадает с плоскостью истинного горизонта, можно дать следующие определения.

Угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от северной части компасного меридиана по часовой стрелке до линии курса, называется *компасным курсом* ($КК$).

Угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от северной части компасного меридиана по часовой стрелке до направления на предмет, называется *компасным пеленгом* ($КП$).

Компасные курсы и пеленги бывают от 0 до 360° . Угол, отличающийся от компасного пеленга на 180° , называется *обратным компасным пеленгом* ($ОКП$).

Следует иметь в виду, что пеленгатор, установленный на котелке магнитного компаса, позволяет замечать лишь $ОКП$.

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

Имея компасное направление и зная девиацию магнитного компаса, можно определить магнитное направление. Из рис. 32 видна следующая зависимость между компасными и магнитными направлениями.

$$\left. \begin{aligned} МК &= КК + \delta \\ МП &= КП + \delta \\ ОМП &= ОКП + \delta \end{aligned} \right\}; \quad (17) \quad \left. \begin{aligned} КК &= МК - \delta \\ КП &= МП - \delta \\ ОКП &= ОМП - \delta \end{aligned} \right\}. \quad (18)$$

Эти формулы алгебраические, так как δ прибавляется — в формулах (17) или вычитается — в формулах (18) со своим знаком.

Пользуясь формулами (17) или (18), можно рассчитать δ :

$$\delta = МК - КК = МП - КП = ОМП - ОКП.$$

Если известен компасный курс и курсовой угол предмета, то:

$$КП = КК + КУ \text{ пр/б,}$$

или

$$КП = КК - КУ \text{ л/б,}$$

т. е.

$$КП = КК + (\pm КУ).$$

При круговом счете курсовых углов

$$КП = КК + КУ.$$

Компасный пеленг траверза предмета можно определить по формуле

$$КП_{\perp} = КК \pm 90^{\circ},$$

где знак «плюс», если предмет находится с правого борта, и «минус» если с левого.

Задачи по определению магнитных направлений через компасные и обратно решаются по алгебраическим формулам (17) и (18) и для контроля сопровождаются вспомогательным чертежом.

Примеры. 1. $КК = 65,0^{\circ}$; $\delta = 4,0^{\circ} W$. Определить $МК$.

Решение.

$$\begin{array}{r} + \quad КК = 65,0^{\circ} \\ \quad \delta = -4,0 \\ \hline МК = 61,0^{\circ} \end{array}$$

Графический контроль (рис. 33): при переходе от компасных направлений к магнитным и обратно за исходный всегда принимается магнитный меридиан: под углом $4,0^{\circ} W$ по отношению к нему проводим $N_K - S_K$, от него откладываем $КК = 65,0^{\circ}$; изобразив величины, которые даны, находим и обозначаем искомую величину $МК$. На чертеже $МК = КК - \delta = 65^{\circ} - 4^{\circ} = 61,0^{\circ}$, т. е. графическое решение соответствует алгебраическому.

2. $МК = 115,0^{\circ}$; $\delta = 3,0^{\circ} Ost$. Определить $КК$.

Решение.

$$\begin{array}{r} - \quad МК = 115,0^{\circ} \\ \quad \delta = +3,0 \\ \hline КК = 112,0^{\circ} \end{array}$$

Графический контроль (рис. 34): проводим магнитный меридиан $N_M S_M$ и откладываем $МК = 115,0^{\circ}$. Под углом $3,0^{\circ} Ost$ по отношению к магнитному меридиану проводим компасный меридиан $N_K S_K$. Определяем искомую величину $КК$: на чертеже $КК = МК - \delta = 115^{\circ} - 3^{\circ} = 112^{\circ}$, т. е. графическое решение соответствует алгебраическому.

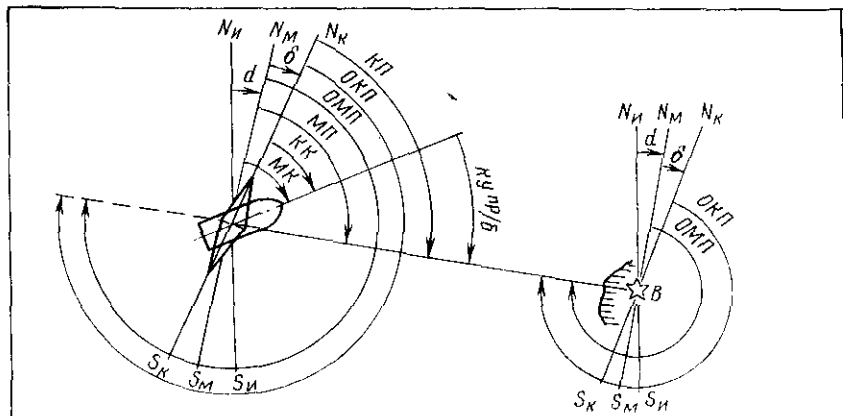


Рис. 32

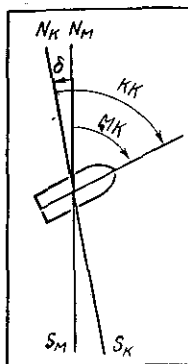


Рис. 33

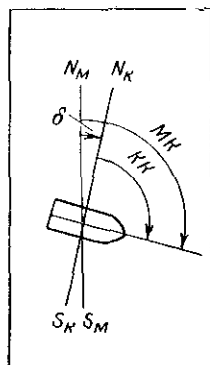


Рис. 34

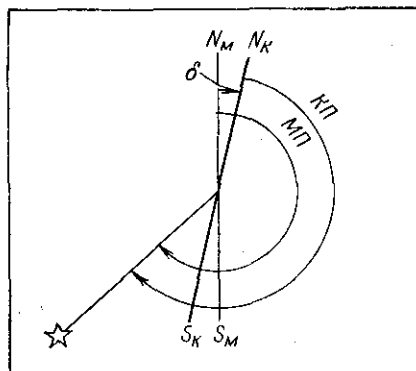


Рис. 35

3. $КП = 230,0^\circ$; $МП = 236,0^\circ$. Определить δ .

Решение.

$$\frac{МП = 236,0^\circ}{- КП = 230,0^\circ}$$

$$\delta = +6,0^\circ = 6,0^\circ \text{ Ost.}$$

Графический контроль (рис. 35): проводим магнитный меридиан и откладываем $МП = 236,0^\circ$. От $МП$ в обратную сторону откладываем угол $КП = 230,0^\circ$ и проводим компасный меридиан $N_K S_K$; который оказывается правее $N_M S_M$, что указывает на положительный знак девиации. На чертеже: $\delta = МП - КП = 236^\circ - 230^\circ = 6^\circ$, что соответствует алгебраическому решению.

§ 18. ТАБЛИЦА ДЕВИАЦИИ

В применяемых на практике способах по уничтожению девиации допущены некоторые упрощения. Кроме того, сами действия, связанные с уничтожением девиации, также не являются абсолютно точными. Поэтому небольшая девиация обнаруживается и после работ по ее уничтожению. Эта девиация называется остаточной. По действующим правилам остаточная девиация у главного магнитного компаса не должна превышать 3° . Такую девиацию нельзя считать пренебрежимо малой, ее надо учитывать. Для этого вычисляется таблица остаточной девиации, или таблица девиации.

Таблица девиации вычисляется заново также в том случае, если девиацию не удалось уничтожить до конца из-за недостатка времени или по какой-либо другой причине. Кроме того, иногда ее приходится вычислять или исправлять в море, когда наблюдения показывают, что девиация во время плавания изменилась и, следовательно, пользоваться прежней таблицей нельзя.

Способы определения девиации рассматриваются в § 25 настоящего учебника. Вопросы расчета таблиц девиации для 36 или 24 компасных курсов изучаются в предмете «Магнитно-компасное дело».

Ниже приводятся таблицы девиации, составленные для учебных целей, в которых девиация достигает $4-5^\circ$.

Таблица девиации для 36 компасных курсов требует большего количества расчетов при ее вычислении, но она удобна в работе, так как выбирать девиацию на промежуточные курсы при табличном интервале 10° очень просто.

Таблица девиации для 24 компасных курсов менее удобна, хотя при небольшой девиации выбрать ее на промежуточные курсы несложно.

Остаточную девиацию можно также изобразить графически. Для этого по оси абсцисс откладывают значения компасных курсов, а по оси ординат — значения девиации. Затем по данным компасным курсам и девиациям наносят точки, которые соединяют плавной кривой.

В практике судовождения, однако, обычно применяют таблицу девиации, так как при малой остаточной девиации строить график нерационально и проще пользоваться таблицей.

Девиацию выбирают из таблицы с точностью до $0,1^\circ$. Решим несколько примеров на определение δ из таблицы (табл. 2 и 3).

Примеры. 1. $KK = 83^\circ$. Определить δ из табл. 2.

Решение. На $KK = 80,0^\circ$ $\delta = -2,0^\circ$
на $KK = 90,0$ $\delta = -2,7$

при $\Delta KK = 10,0^\circ$ $\Delta\delta = 0,7^\circ$
 \triangleright $\Delta KK = 1,0$ $\Delta\delta = 0,07$
 \triangleright $\Delta KK = 3,0$ $\Delta\delta = 0,21 \approx 0,2^\circ$

на $KK = 83,0^\circ$ $\delta = -2,2^\circ$.

2. $KK = 277^\circ$. Определить δ из табл. 3.

Решение. На $KK = 270,0^\circ$ $\delta = +2,3^\circ$
на $KK = 285,0$ $\delta = +1,8$

при $\Delta KK = 15^\circ,0$ $\Delta\delta = 0,5^\circ$
 \triangleright $\Delta KK = 7,0^\circ$ $\Delta\delta = 0,23 \approx 0,2^\circ$

на $KK = 277,0^\circ$ $\delta = 2,1^\circ$.

Здесь ΔKK — изменение компасного курса;
 $\Delta\delta$ — абсолютная величина изменения девиации.

Таблица 2

KK или $MK,^\circ$	$\delta,^\circ$	KK или $MK,^\circ$	$\delta,^\circ$	KK или $MK,^\circ$	$\delta,^\circ$	KK или $MK,^\circ$	$\delta,^\circ$
0	+2,3	100	-3,3	190	-0,7	280	+4,5
10	+1,7	110	-3,7	200	+0,3	290	+4,3
20	+1,3	120	-4,0	210	+1,0	300	+4,0
30	+1,0	130	-4,3	220	+2,0	310	+3,7
40	+0,5	140	-4,0	230	+2,7	320	+3,5
50	0,0	150	-3,7	240	+3,5	330	+3,0
60	-0,7	160	-3,3	250	+4,0	340	+2,7
70	-1,5	170	-2,5	260	+4,3	350	+2,5
80	-2,0	180	-1,7	270	+4,5	360	+2,3
90	-2,7						

КК или МК, °		δ, °	КК или МК, °		δ, °	КК или МК, °		δ, °
N	0	-0,2	SO	135	-0,4	W	270	+2,3
	15	-0,5		150	+0,3		285	+1,8
	30	-0,8		165	+1,0		300	+1,4
NO	45	-1,0	S	180	+1,7	NW	315	+0,9
	60	-1,2		195	+2,3		330	+0,5
	75	-1,3		210	+2,7		345	+0,1
Ost	90	-1,3	SW	225	+2,9	N	360	-0,2
	105	-1,2		240	+2,9			
	120	-0,9		255	+2,7			

При наличии девиации, не превышающей 3—4°, разница между компасными и магнитными курсами также не превышает 3—4°, т. е. невелика. Поэтому таблицей остаточной девиации можно пользоваться не только для компасных, но и для магнитных курсов, что очень важно.

§ 19. ПОПРАВКА МАГНИТНОГО КОМПАСА

В § 15 и 17 было установлено, что:

$$\begin{aligned} ИК &= МК + d; & МК &= КК + \delta; \\ ИП &= КП + d; & МП &= КП + \delta; \\ ОИП &= ОМП + d; & ОМП &= ОКП + \delta. \end{aligned}$$

Из этих формул следует, что

$$\left. \begin{aligned} ИК &= КК + \delta + d \\ ИП &= КП + \delta + d \\ ОИП &= ОКП + \delta + d \end{aligned} \right\} (19)$$

Таким образом, чтобы получить истинное направление *ИК*, *ИП* или *ОИП*, необходимо направление, определенное по магнитному компасу, исправить девиацией и магнитным склонением со своими знаками (рис. 36). На этом основании алгебраическая сумма девиации и магнитного склонения называется поправкой магнитного компаса $\Delta МК$:

$$\Delta МК = \delta + d. \quad (20)$$

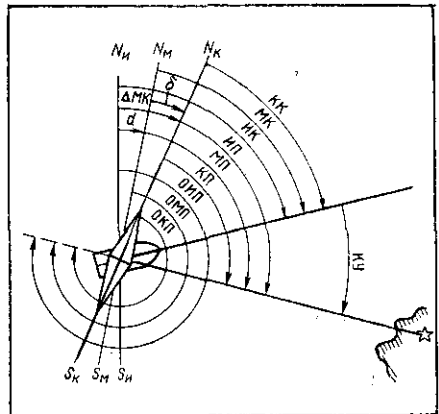


Рис. 36

В результате можно получить

$$\left. \begin{aligned} ИК &= КК + \Delta МК \\ ИП &= КП + \Delta МК \\ ОИП &= ОКП + \Delta МК \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Геометрически поправка магнитного компаса представляет собой угол, на который плоскость компасного меридиана отклонена от плоскости истинного меридиана. Этот угол отсчитывается в плоскости истинного горизонта от нордовой части истинного меридиана к O^{st} или W до нордовой части компасного меридиана. Если при этом последняя отклонена от истинного к O^{st} , то поправка компаса будет восточной (остовой) и ей приписывается знак «плюс». Если же нордовая часть компасного меридиана отклонена от истинного к W , то поправка будет западной (вестовой) и ей приписывается знак «минус».

Примеры. 1. $d = 11,0^\circ O^{st}$; $\delta = 5,0^\circ W$. Определить $\Delta МК$.

Решение.

$$\begin{array}{r} + \delta = -5,0^\circ \\ + d = +11,0 \\ \hline \Delta МК = +6,0^\circ = 6,0^\circ O^{st}. \end{array}$$

Графический контроль (рис. 37): проводим истинный меридиан $ON_{И}$ и, отложив от него вправо (магнитное склонение положительное) угол $d = 11,0^\circ O^{st}$, проводим магнитный меридиан $ON_{М}$. От $ON_{М}$ влево (девиация отрицательная) откладываем угол $\delta = 5,0^\circ W$, после чего проводим компасный меридиан $ON_{К}$, который оказывается правее $ON_{И}$, что указывает на положительный знак $\Delta МК$. На чертеже $\Delta МК = d - \delta = 11^\circ - 5^\circ = 6^\circ$, что соответствует аналитическому решению.

2. $d = 2,0^\circ W$; $\delta = 6,0^\circ O^{st}$. Определить $\Delta МК$.

Решение.

$$\begin{array}{r} + \delta = 6,0^\circ \\ + d = -2,0 \\ \hline \Delta МК = +4,0^\circ = 4,0^\circ O^{st}. \end{array}$$

Графический контроль (рис. 38): проводим $ON_{И}$ и, отложив от него влево (магнитное склонение отрицательное) угол $d = 2,0^\circ W$, проводим $ON_{М}$. От него вправо (девиация положительная) откладываем угол $\delta = 6,0^\circ O^{st}$, после чего откладываем $ON_{К}$, который оказывается правее $ON_{И}$, что указывает на положительный знак $\Delta МК$. На чертеже $\Delta МК = \delta - d = 6^\circ - 2^\circ = 4^\circ$, что соответствует алгебраическому решению.

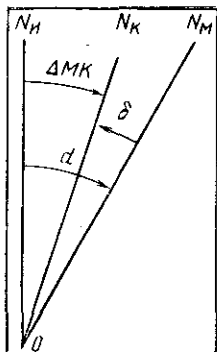


Рис. 37

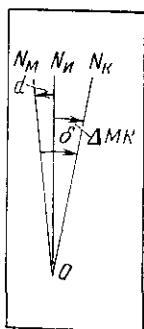


Рис. 38

Зная истинные и компасные направления, можно определять поправку магнитного компаса по формуле

$$\begin{aligned} \Delta МК &= ИК - КК = ИП - \\ &- КП = ОИП - ОКП. \end{aligned} \quad (22)$$

Примеры. 1. $ИК = 150,0^\circ$; $КК = 147,0^\circ$. Определить $\Delta МК$.

Решение.

$$\begin{array}{r} ИК = 150,0^\circ \\ - КК = 147,0 \\ \hline \Delta МК = +3,0^\circ = 3,0^\circ O^{st}. \end{array}$$

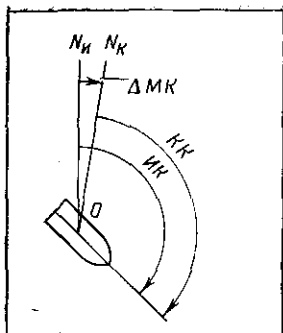


Рис. 39

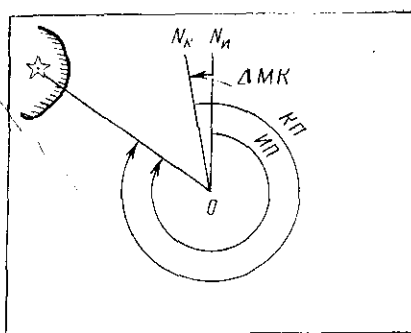


Рис. 40

Графический контроль (рис. 39): проводим ON_N и, отложив от него угол $KK = 150,0^\circ$, проводим линию истинного курса судна. От нее в обратную сторону откладываем угол $KK = 147,0^\circ$, после чего проводим ON_K , который оказывается правее ON_N , что указывает на положительный знак $\Delta МК$. На чертеже $\Delta МК = IK - KK = 150^\circ - 147^\circ = 3^\circ$, что соответствует алгебраическому решению.

2. $ИП = 305,0^\circ$; $КП = 310,0^\circ$. Определить $\Delta МК$.

Решение.

$$\begin{array}{r} ИП = 305,0^\circ \\ - КП = 310,0^\circ \\ \hline \Delta МК = -5,0^\circ = 5,0^\circ W. \end{array}$$

Графический контроль (рис. 40): проведем ON_N и отложив от него угол $ИП = 305,0^\circ$, нанесем линию истинного пеленга, от которой в обратную сторону откладываем угол $КП = 310,0^\circ$. Строим ON_K , который оказывается левее ON_N , что указывает на отрицательный знак $\Delta МК$.

На чертеже $\Delta МК = КП - ИП = 310^\circ - 305^\circ = 5^\circ$, что соответствует аналитическому решению.

§ 20. ГИРОКОМПАСНЫЕ КУРСЫ И ПЕЛЕНГИ. ПОПРАВКА ГИРОКОМПАСА

Действие гирокомпаса основано на использовании свойств несвободного гироскопа и влияния на него суточного вращения Земли. Ось быстро вращающегося тяжелого ротора (гироскопа), подвешенного определенным образом, стремится под действием суточного вращения Земли занять направление, совпадающее с направлением истинного меридиана $N_N - S_N$. Это направление через специальную следящую систему передается репитерам. Направляющая сила гирокомпаса как сила механическая не зависит ни от магнитного поля Земли, ни от судового магнетизма, что особенно ценно.

Однако в результате действия различных механических причин полного совпадения оси с плоскостью истинного меридиана обычно не достигается. Вследствие этого картушки репитеров, повторяющие показания основного прибора, своими диаметрами $0-180^\circ$ также не устанавливаются в плоскости истинного меридиана.

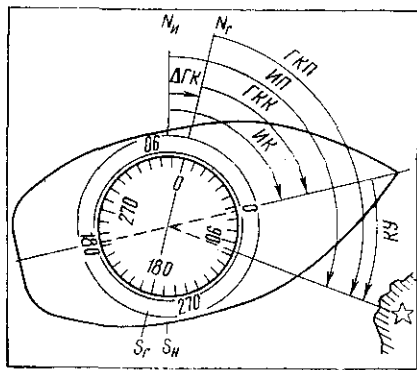


Рис. 41

Вертикальная плоскость, проходящая через ось ротора гирокомпаса или диаметр $0-180^\circ$ карточки репитера, называется *плоскостью гирокомпасного меридиана*. В пересечении с плоскостью истинного горизонта плоскость гирокомпасного меридиана образует линию гирокомпасного меридиана, которая обозначается $N_g - S_g$.

Все направления, определяемые относительно гирокомпасного меридиана, будут гирокомпасными направлениями (рис. 41).

Угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от северной части гирокомпасного меридиана по часовой стрелке до линии курса, называется *гирокомпасным курсом (ГКК)*.

Угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от северной части гирокомпасного меридиана по часовой стрелке до направления на предмет, называется *гирокомпасным пеленгом (ГКП)*.

Пеленгаторы, устанавливаемые на репитерах гирокомпасов, позволяют замечать именно гирокомпасный пеленг предмета (у магнитных компасов ОКП).

Соотношение между $ГКП$, $ГКК$ и $КУ$, а также расчет $ГКП_\perp$ остаются без изменений:

$$ГКП = ГКК \pm КУ_{н/б}^{пр/б} \text{ или } ГКП = ГКК + (\pm КУ);$$

$$ГКП = ГКК + КУ \text{ — при круговом счете курсовых углов;}$$

$$ГКП_\perp = ГКК \pm 90^\circ.$$

Угол, который необходимо прибавить со знаком «плюс» или «минус» к гирокомпасному направлению, чтобы получить истинное направление, называется *поправкой гирокомпаса ($\Delta ГК$)*.

Геометрически поправка гирокомпаса представляет собой угол, на который плоскость гирокомпасного меридиана отклонена от плоскости истинного. Этот угол отсчитывается в плоскости истинного горизонта от северной части истинного меридиана к W или O^st до северной части гирокомпасного меридиана. При этом если северная часть гирокомпасного меридиана отклонена от истинного к O^st , то поправка гирокомпаса будет восточной и ей приписывается знак «плюс». Если к W , то поправка будет западной и ей приписывается знак «минус».

Из рис. 41 видно, что

$$\left. \begin{aligned} ИК &= ГКК + \Delta ГК \\ ИП &= ГКП + \Delta ГК \end{aligned} \right\}; \quad (23)$$

$$\Delta ГК = ИК - ГКК = ИП - ГКП, \quad (24)$$

где $\Delta ГК$ учитывается или получается со своим знаком.

Поправка гирокомпаса $\Delta ГК$, в отличие от поправки магнитного компаса $\Delta МК$, не зависит от курса или магнитного состояния судна и обычно постоянна во время плавания. Но она изменяется после чистки прибора, а также после его нового запуска. Кроме того, $\Delta ГК$ в силу различных причин может изменяться и в процессе работы прибора во время плавания. Поэтому ее необходимо периодически определять.

§ 21. ИСПРАВЛЕНИЕ КУРСОВ И ПЕЛЕНГОВ

Пеленги и курсы прокладывают на морской карте для определения места судна и направления его движения относительно берегов, надводных и подводных опасностей. На карте можно откладывать только истинные курсы и пеленги. Для этого служат нанесенные на нее линии истинных меридианов, верхние концы которых указывают на $N_{и}$.

По компасу же получают компасные курсы и пеленги, которые отличаются от истинных на величину, равную поправке компаса.

Следовательно, прежде чем проложить на карте направления, полученные по компасу, необходимо исправить их поправкой компаса и получить истинные направления. Действия, связанные с переходом от компасных курсов и пеленгов к истинным, называют исправлением курсов и пеленгов, или исправлением направлений.

Исправление направлений, полученных по магнитному компасу, производится по формулам (21):

$$ИК = КК + \Delta МК; \quad ОИП = ОКП + \Delta МК; \quad ИП = ОИП \pm 180^\circ.$$

Общая схема исправления курсов и пеленгов, полученных по магнитному компасу, в истинные направления следующая:

$$\begin{array}{r} \delta = \pm \dots \text{ (из таблицы по } КК) \\ + \\ \frac{d = \pm \dots \text{ (с карты, приведенное к году плавания)}}{\Delta МК = \pm \dots} \end{array} \quad + \quad \begin{array}{r} КК = \dots \\ \frac{\Delta МК = \dots}{ИК = \dots} \end{array} \quad + \quad \begin{array}{r} ОКП = \dots \\ \frac{\Delta МК = \dots}{ОИП = \dots} \\ \pm 180^\circ \\ \hline ИП = \dots \end{array}$$

Исправление направлений, полученных по гирокомпасу, производится по формулам (23):

$$ИК = ГКК + \Delta ГК; \quad ИП = ГКП + \Delta ГК.$$

Исправление курсов и пеленгов, полученных по гирокомпасу, производится по следующей схеме:

$$\begin{array}{r} ГКК = \dots \\ + \\ \Lambda ГК = \dots \text{ (из наблюдений)} \end{array} \quad + \quad \begin{array}{r} ГКП = \dots \\ \frac{\Delta ГК = \dots}{ИП = \dots} \end{array}$$

Исправление курсов и пеленгов целесообразно сопровождать построением вспомогательного чертежа, чтобы научиться наглядно представлять все решение задачи и контролировать алгебраическое решение по формулам.

Примеры. 1. $KK = 162,0^\circ$; $OKП = 120,0^\circ$; девиация из табл. 3; склонение с карты $4,6^\circ \text{ Ost}$ в 1977 г., годовое увеличение $0,12^\circ$. Плавание в 1980 г. Определить $ИК$, $ОИП$.

Решение.

Рассчитываем склонение:

$$\begin{array}{r} + d_{77} = 4,6^\circ \text{ Ost}; \quad n\Delta d = 0,12^\circ \times 3 = 0,36^\circ \approx 0,4^\circ \\ + n\Delta d = 0,4 \\ \hline d_{80} = 5,0^\circ \text{ Ost}. \end{array}$$

Выбираем δ на $KK = 162,0^\circ$

из табл. 3:

$$\begin{array}{r} \text{на } KK = 150,0^\circ \quad \delta = +0,3^\circ \\ \text{на } KK = 165,0 \quad \delta = +1,0 \end{array}$$

$$\text{при } \Delta KK = 15,0^\circ \quad \Delta \delta = 0,7^\circ$$

$$\rightarrow \Delta KK = 1,0 \quad \Delta \delta \approx 0,05$$

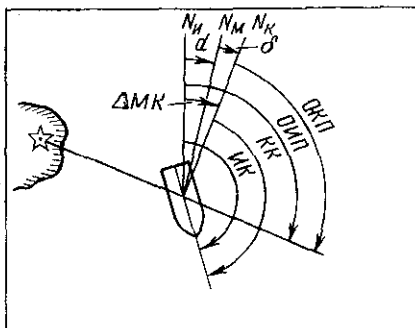
$$\rightarrow \Delta KK = 12,0 \quad \Delta \delta = 12 \times 0,05 = 0,6^\circ$$

$$\text{на } KK = 162,0^\circ \quad \delta = +0,3^\circ + (+0,6^\circ) = +0,9^\circ.$$

Для получения промежуточных значений девиации следует, для упрощения и ускорения расчетов, использовать логарифмическую линейку. Для этого достаточно $\Delta \delta$ (в данном примере $\Delta \delta = 1^\circ - 0,3^\circ = 0,7^\circ$) разделить на 15, а затем результат умножить на число градусов, соответствующих разности между табличным и действительным значениями компасного курса (в данном примере $162^\circ - 150^\circ = 12^\circ$). Окончательный результат получается алгебраическим сложением найденной величины (в данном случае $+0,6^\circ$) с табличным значением девиации, выбранной для меньшего компасного курса (в данном примере $\delta = +0,3^\circ + (+0,6^\circ) = +0,9^\circ$).

$$\begin{array}{r} + \delta = +0,9^\circ \\ + d = +5,0^\circ \\ \hline \Delta MK = +5,9^\circ \end{array} \quad \begin{array}{r} KK = 162,0^\circ \\ + \Delta MK = +5,9^\circ \\ \hline IK = 167,9^\circ \end{array} \quad \begin{array}{r} + OKП = 120,0^\circ \\ + \Delta MK = +5,9^\circ \\ \hline OИП = 125,9^\circ \end{array}$$

Графический контроль (рис. 42): проводим линию истинного меридиана и от нее откладываем вправо (магнитное склонение положительное) угол $d = 5,0^\circ$. Получив магнитный меридиан, откладываем от него вправо (девиация положительная) угол $\delta = 0,9^\circ$ и наносим компасный меридиан, от которого откладываем угол $KK = 162,0^\circ$ и $OKП = 120,0^\circ$ и получаем линию курса и пеленга. Из чертежа видно, что ΔMK положительна по знаку, а по величине $\Delta MK = 5,0^\circ + 0,9^\circ = 5,9^\circ$; истинный курс больше компасного и по величине $ИК = 162,0^\circ + 5,9^\circ = 167,9^\circ$; обратный истинный пеленг больше $OKП$ и по величине $OИП = 120,0^\circ + 5,9^\circ = 125,9^\circ$, что совпадает с аналитическим решением.



2. $KK = 327,0^\circ$; $OKП_A = 205,0^\circ$; $OKП_B = 272,0^\circ$; девиация из табл. 2; склонение с карты $6,5^\circ \text{ W}$ в 1977 г., годовое увеличение $0,18^\circ$. Плавание в 1982 г. Определить $ИК$, $ИП_A$ и $ИП_B$.

Рис. 42

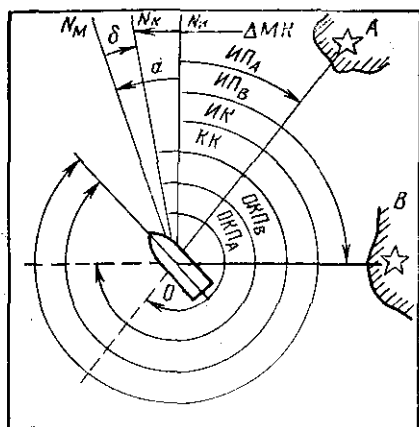


Рис. 43

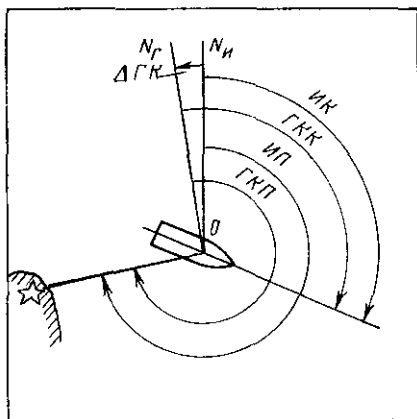


Рис. 44

Решение.

Рассчитываем склонение:

$$\begin{aligned}
 + d_{77} &= 6,5^{\circ} W; \quad n\Delta d = 0,18 \times 5 = 0,9^{\circ} \\
 + n\Delta d &= 0,9 \\
 \hline
 d_{82} &= 7,4^{\circ} W.
 \end{aligned}$$

Выбираем δ на $КК = 327,0^{\circ}$

из табл. 2:

$$\begin{aligned}
 \text{на } КК = 320,0^{\circ} \quad \delta &= +3,5^{\circ} \\
 \text{» } КК = 330,0 \quad \delta &= +3,0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{при } \Delta КК = 10,0^{\circ} \quad \Delta \delta &= 0,5^{\circ} \\
 \text{» } \Delta КК = 1,0 \quad \Delta \delta &= 0,05 \\
 \text{» } \Delta КК = 7,0 \quad \Delta \delta &= 0,35 \approx 0,4^{\circ} \\
 \hline
 \text{на } КК = 327,0^{\circ} \quad \delta &= +3,1^{\circ}.
 \end{aligned}$$

Определив девиацию на данный компасный курс и рассчитав склонение, находим $ИК$, $ИП_A$ и $ИП_B$ по формулам.

$$\begin{array}{r}
 + \delta = +3,1^{\circ} \\
 + d = -7,4 \\
 \hline
 \Delta МК = -4,3^{\circ}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 + КК = 327,0^{\circ} \\
 + \Delta МК = -4,3 \\
 \hline
 ИК = 322,7^{\circ}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 + ОКП_A = 205,0^{\circ} \\
 + \Delta МК = -4,3 \\
 \hline
 ОИП_A = 200,7^{\circ} \\
 - 180,0 \\
 \hline
 ИП_A = 20,7^{\circ}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 + ОКП_B = 272,0^{\circ} \\
 + \Delta МК = -4,3 \\
 \hline
 ОИП_B = 267,7^{\circ} \\
 - 180,0 \\
 \hline
 ИП_B = 87,7^{\circ}
 \end{array}$$

Графическое решение производится аналогично решению в предыдущих примерах, поэтому ограничимся лишь вспомогательным чертежом без его описания (рис. 43).

Сравнивая истинные и компасные направления на вспомогательном чертеже, видим, что истинные курсы и пеленги меньше компасных на величину поправки магнитного компаса, что соответствует решению по формулам.

Исправление направлений, полученных по гирокомпасу, производится гораздо проще, чем исправление направлений по магнитному компасу, так как здесь нет девиации и магнитного склонения, а учитывается лишь поправка гирокомпаса.

Пример. $ГКК = 115,0^{\circ}$; $ГКП = 250,0^{\circ}$; $\Delta ГК = -2,0^{\circ}$. Определить $ИК$ и $ИП$.

Решение (по формулам).

$$\frac{+ГКК=115,0^{\circ}}{+\Delta GK=-2,0} \quad \frac{+ГКП=250,0^{\circ}}{+\Delta GK=-2,0} .$$

$$\frac{ИК=113,0^{\circ}}{ИП=248,0^{\circ}}$$

Графическое решение (рис. 44).

Проводим истинный меридиан $N_{И} - O$. Поправка гирокомпаса $-2,0^{\circ}$ означает, что $N_{Г}$ отклонен к W, т. е. влево от $N_{И}$; соответственно проводим гирокомпасный меридиан $N_{Г} - O$. От него откладываем $ГКК = 115,0^{\circ}$ и $ГКП = 250,0^{\circ}$. От $N_{И}$ определяем $ИК$ и $ИП$.

Как видно из чертежа, истинные направления будут меньше компасных на величину поправки гирокомпаса, т. е. $ИК = 115,0^{\circ} - 2,0^{\circ} = 113^{\circ}$; $ИП = 250,0^{\circ} - 2,0^{\circ} = 248,0^{\circ}$.

От правильного исправления курса или пеленга зависит правильность их нанесения на карту и, следовательно, знание судоводителем места судна и его движения относительно берегов и опасностей. Поэтому исправление курсов и пеленгов необходимо производить со всей тщательностью и результаты перепроверять.

§ 22. ПЕРЕВОД КУРСОВ И ПЕЛЕНГОВ

Переводом курсов и пеленгов, или переводом направлений, называются действия, связанные с переходом от истинных, проложенных на карте курсов или пеленгов, к компасным.

Иногда требуется от обратного истинного пеленга, проложенного на карте, перейти к обратному компасному или гирокомпасному пеленгу (например, на какой отсчет $ОКП$ ($ГКП$) нужно установить пеленгатор, чтобы по нему заметить приход судна на заданный $ИП$).

Как видно из сказанного, перевод истинных направлений в компасные является задачей, обратной исправлению компасных направлений в истинные. Следовательно, действия по переводу направлений должны выполняться в обратном порядке, а формулы (21) и (23) применяться в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} КК &= ИК - \Delta МК \\ ОКП &= ОИП - \Delta МК \end{aligned} \right\}; \quad (25) \quad \left. \begin{aligned} ГКК &= ИК - \Delta GK \\ ГКП &= ИП - \Delta GK \end{aligned} \right\}, \quad (26)$$

т. е. компасное направление равно алгебраической разности истинного направления и поправки компаса.

Перевод курсов для магнитного компаса осуществляется не с помощью поправки компаса, а иным путем.

Из формул (19) следует, что

$$КК = ИК - d - \delta.$$

Так как $ИК - d = МК$, то $КК = МК - \delta$.

Учитывая, что после уничтожения девиации разница между $МК$ и $КК$ невелика, девиацию можно определить из таблицы по данному $МК$.

Таким образом, общая схема перевода истинных направлений в направления по магнитному компасу следующая:

$$\begin{array}{r}
 ИК = \dots \text{ (с карты)} \\
 \hline
 d = \pm \dots \text{ (с карты, приведенное} \\
 \text{к году плавания)} \\
 \hline
 МК = \dots \\
 \hline
 \delta = \pm \dots \text{ (из таблицы по МК)} \\
 \hline
 КК = \dots
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 d = \pm \dots \text{ ОИП} = \dots \\
 + \\
 \delta = \pm \dots \text{ } \\
 \hline
 \Delta МК = \pm \dots \text{ ОКП} = \dots \\
 \hline
 \Delta МК = \pm \dots \text{ ОКП} = \dots
 \end{array}$$

При переводе ОИП в ОКП поправка компаса $\Delta МК$ берется на тот компасный курс, для которого этот ОИП был снят с карты.

Если девиация перед выходом в рейс не уничтожалась, но, как требуется, заново определялась, то в случае девиации на курсе больше 4° и при ее изменении в табличном интервале больше чем на 1° целесообразно перевод направлений осуществлять по такой схеме:

$$\begin{array}{r}
 ИК = \dots \\
 \hline
 d = \pm \dots \\
 \hline
 МК = \dots \\
 \hline
 \delta' = \dots \\
 \hline
 КК' = \dots
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \delta = + \dots \\
 + \\
 d = \pm \dots \\
 \hline
 \Delta МК = \pm \dots \\
 \hline
 \delta = \pm \dots \\
 \hline
 КК = \dots
 \end{array}$$

где δ' выбирается из таблицы девиации по магнитному курсу, а δ из той же таблицы по полученному компасному курсу ($КК'$).

Перевод истинных направлений в направления по гирокомпасу осуществляется по схеме

$$\begin{array}{r}
 ИК = \dots \\
 \hline
 \Delta ГК = \pm \dots \text{ (из наблюдений)} \\
 \hline
 ГКК = \dots
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 ИП = \dots \\
 \hline
 \Delta ГК = \pm \dots \\
 \hline
 ГКП = \dots
 \end{array}$$

Перевод истинных направлений в компасные, особенно применительно к курсам судна по магнитному компасу, рекомендуется для контроля сопровождать вспомогательным чертежом.

Примеры. 1. $ИК = 75,0^\circ$; приведенное к году плавания $d = 5,0^\circ \text{ Ost}$; $ИП_A = 45,5^\circ$; $ИП_B = 95,3^\circ$; девиация из табл. 3. Определить $КК$, $\Delta МК$, $ОКП_A$; $ОКП_B$.

Решение.

$\begin{array}{r} IK = 75,0^\circ \\ d = +5,0 \\ \hline MK = 70,0^\circ \\ \delta' = -1,3 \\ \hline KK' = 71,3^\circ \end{array}$	$\begin{array}{r} MK = 70,0^\circ \\ \delta = -1,3 \\ \hline KK = 71,3^\circ \end{array}$	$\begin{array}{r} \delta = -1,3^\circ \\ d = +5,0 \\ \hline \Delta MK = +3,7^\circ \end{array}$
$\begin{array}{r} ИП_A = 45,5^\circ \\ \Delta MK = +3,7 \\ \hline \pm КП_A = 41,8^\circ \\ 180,0 \\ \hline ОКП_A = 221,8^\circ \end{array}$	$\begin{array}{r} ИП_B = 95,3^\circ \\ \Delta MK = +3,7 \\ \hline \pm КП_B = 91,6^\circ \\ 180,0 \\ \hline ОКП_B = 271,6^\circ \end{array}$	

Графическое решение (рис. 45): проводим линию истинного меридиана ON_H и от него откладываем угол $IK = 75,0^\circ$. Склонение $d = 5,0^\circ$ Ost означает, что ON_M отклонен от ON_H вправо на 5° ; соответственно проводим магнитный меридиан ON_M , от которого влево (девиация отрицательная) откладываем угол $\delta = 1,3^\circ$ и проводим ON_K . От ON_H откладываем $ИП_A$ и $ИП_B$ и проводим противоположные направления, соответствующие $ОКП_A$ и $ОКП_B$. Из чертежа видно, что ON_K находится вправо от ON_H и значит ΔMK положительна по знаку, а по величине $\Delta MK = d - \delta = 5,0^\circ - 1,3^\circ = 3,7^\circ$; компасные пеленги меньше истинных: $КП_A = ИП_A - \Delta MK = 45,5^\circ - 3,7^\circ = 41,8^\circ$, $КП_B = 95,3^\circ - 3,7^\circ = 91,6^\circ$; компасный курс меньше истинного: $КК = IK - \Delta MK = 75,0^\circ - 3,7^\circ = 71,3^\circ$. Все это соответствует алгебраическому решению.

2. $IK = 110,0^\circ$; приведенное к году плавания $d = 5,0^\circ$ Ost . Определить $КК$ и ΔMK , используя часть приведенной таблицы девиации.

Решение.

	δ	$IK = 110,0^\circ$			
		$d = +5,0$			
105,0°	-6,0°	$MK = 105,0^\circ$	-	$MK = 105,0^\circ$	+
120,0°	-4,0°	$\delta' = -6,0$	-	$\delta = -5,2$	+
...	...	$KK' = 111,0^\circ$	-	$KK = 110,2^\circ$	+
				$\Delta MK = -0,2^\circ$	

Из решения видно, что в данном примере повторная выборка девиации по $КК'$ уточняет ее значение на $0,8^\circ$.

3. $IK = 65,0^\circ$; $OИП = 155,0^\circ$; $d = 9,0^\circ$ Ost ; $\delta = -0,4^\circ$. Определить $КК$ и $ОКП$.

Решение.

$\begin{array}{r} IK = 65,0^\circ \\ d = +9,0 \\ \hline MK = 56,0^\circ \\ \delta = -0,4 \\ \hline KK = 56,4^\circ \end{array}$	$\begin{array}{r} \delta = -0,4^\circ \\ d = +9,0 \\ \hline \Delta MK = +8,6^\circ \end{array}$	
$\begin{array}{r} OИП = 155,0^\circ \\ \Delta MK = +8,6 \\ \hline ОКП = 146,4^\circ \end{array}$		

Графическое решение показано на рис. 46.

4. $IK = 110,0^\circ$; $ИП = 150,0^\circ$; $\Delta GK = -2,0^\circ$. Определить $ГКК$ и $ГКП$.

Решение.

$\begin{array}{r} IK = 110,0^\circ \\ \Delta GK = -2,0 \\ \hline GKК = 112,0^\circ \end{array}$	$\begin{array}{r} ИП = 150,0^\circ \\ \Delta GK = -2,0 \\ \hline GKП = 152,0^\circ \end{array}$
---	---

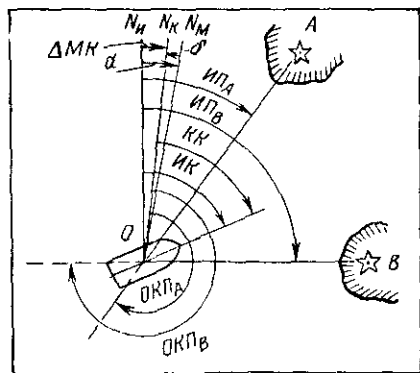


Рис. 45

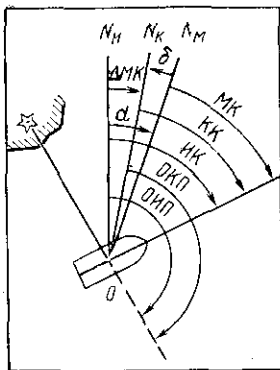


Рис. 46

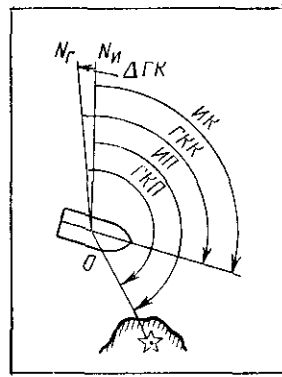


Рис. 47

Графическое решение (рис. 47): проводим линию истинного меридиана $N_{н} - O$ и откладываем $ИК = 110^\circ$. Поправка гирокомпаса $\Delta GK = -2,0^\circ$ означает, что $N_{г}$ отклонен на $2,0^\circ$ влево от $N_{н}$; соответственно проводим линию гирокомпасного меридиана $N_{г} - O$. Определяем на чертеже $ГКК$. Замечаем, что $ГКК = ИК + \Delta GK = 110,0^\circ + 2,0^\circ = 112,0^\circ$. Далее от $N_{н}$ откладываем $ИП = 150^\circ$. Определяем на чертеже $ГКП$. Замечаем, что $ГКП = ИП + \Delta GK = 150,0^\circ + 2,0^\circ = 152,0^\circ$, т. е. оба решения совпадают.

§ 23. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ НАПРАВЛЕНИЯМИ ПО ГИРОКОМПАСУ И МАГНИТНОМУ КОМПАСУ

В штурманской практике нередко требуется от показания по гирокомпасу перейти к показанию по магнитному компасу, и наоборот.

Рассмотрим переход от курса по гирокомпасу к курсу по магнитному компасу.

Известно, что

$$КК = ИК - \Delta МК,$$

но

$$ИК = ГКК + \Delta GK,$$

откуда

$$КК = (ГКК + \Delta GK) - \Delta МК. \quad (27)$$

Переход от курса по магнитному компасу к курсу по гирокомпасу осуществляется следующим образом:

$$ГКК = ИК - \Delta GK,$$

но

$$ИК = КК + \Delta МК,$$

откуда

$$ГКК = (КК + \Delta МК) - \Delta GK. \quad (28)$$

Иногда при уничтожении девиации приходится вычислять курс по гирокомпасу, который соответствует заданному магнитному курсу, иначе говоря, переходить от магнитного курса к гирокомпасному, тогда

$$ГКК = ИК - \Delta GK.$$

Но если учесть, что

$$ИК = МК + d,$$

то

$$ГКК = (МК + d) - \Delta ГК. \quad (29)$$

Как видно из сказанного, для перехода от гирокомпасного курса к курсу по магнитному компасу или обратно, а также для перехода от магнитного курса к курсу по гирокомпасу нужно сначала получить истинный курс, а затем вычислить соответствующую поправку компаса.

Зная поправку гирокомпаса $\Delta ГК$, можно найти поправку магнитного компаса $\Delta МК$ по сличению курсов с гирокомпасом:

$$\Delta МК = ИК - КК,$$

но если учесть, что

$$ИК = ГКК + \Delta ГК,$$

то

$$\Delta МК = (ГКК + \Delta ГК) - КК. \quad (30)$$

Решение задач по формулам (27)—(30) рекомендуется для наглядности и контроля сопровождать вспомогательным чертежом.

Примеры. 1. $ГКК = 72,5^\circ$; $\Delta ГК = +1,5^\circ$; $\Delta МК = -4,7^\circ$. Определить $КК$.

Решение.

$$\begin{array}{r} GKK = 72,5^\circ \\ + \Delta GK = +1,5 \\ \hline IK = 74,0^\circ \\ - \Delta MK = -4,7 \\ \hline KK = 78,7^\circ \end{array}$$

Графическое решение (рис. 48): проводим истинный меридиан $N_{И} - O$. $\Delta ГК = +1,5^\circ$ означает, что гирокомпасный меридиан отклонен вправо от истинного на $1,5^\circ$; соответственно проводим меридиан $N_{Г} - O$. От меридиана $N_{Г} - O$ откладываем $ГКК = 72,5^\circ$ и проводим линию курса. На чертеже видно, что $ИК = ГКК + \Delta ГК = 72,5^\circ + 1,5^\circ = 74,0^\circ$. $\Delta МК = -4,7^\circ$ означает, что компасный меридиан отклонен влево на $4,7^\circ$ от истинного; соответственно проводим меридиан $N_{К} - O$. На чертеже видно, что $КК = ИК + \Delta МК =$

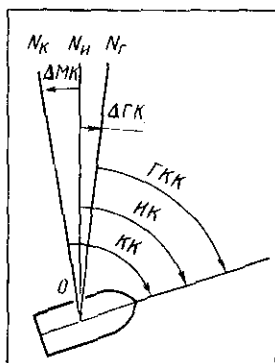


Рис. 48

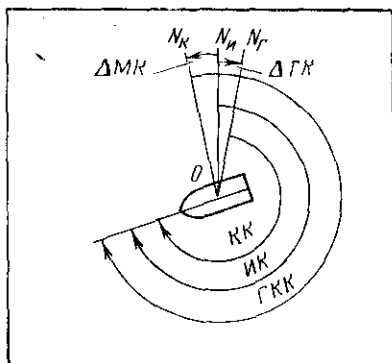


Рис. 49

$= 74,0^\circ + 4,7^\circ = 78,7^\circ$. Результаты, полученные графическим путем, соответствуют алгебраическому решению.

2. $\Gamma КК = 255,0^\circ$; $\Delta \Gamma К = +1,2^\circ$; $КК = 259,3^\circ$. Определить $\Delta МК$.
Решение.

$$\begin{array}{r} + \Gamma КК = 255,0^\circ \\ + \Delta \Gamma К = +1,2 \\ \hline - \text{ИК} = 256,0^\circ \\ - \text{КК} = 259,3 \\ \hline \Delta МК = -3,1^\circ \end{array}$$

Графическое решение показано на рис. 49.

§ 24. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТВОРАХ

Одним из самых простых и надежных способов определения поправок компасов можно назвать способ их определения по створам (наиболее применимые на практике способы будут рассмотрены в следующем параграфе).

Створ — система двух или нескольких соответственно расположенных на местности ориентиров, предназначенная для обозначения определенного направления в плоскости истинного горизонта наблюдателя.

Створ обычно состоит из двух знаков (рис. 50) A и B , расстояние между которыми d называется разносом знаков. Знаки располагаются таким образом, чтобы продолжение линии, соединяющей их, проходило в море по безопасной для плавания зоне. Эта линия на том ее продолжении, которое доступно для судоходства, называется ходовой частью створа, или осью створа, и на картах обозначается сплошной линией; неходовая часть створа обозначается пунктиром. Направление створа пишется на оси в градусах и обозначается двумя числами, первое из которых означает истинный пеленг створа, считаемый от берега в море, второе — с моря на берег, т. е. обратный истинный пеленг.

Для наблюдателя, находящегося на оси створа на каком-то расстоянии D от переднего створного знака, оба знака будут усматриваться на одной вертикали или, как говорят, сотворившимися.

Разрешающая способность человеческого глаза считается равной $1'$. Следовательно, наблюдатель сможет усматривать знаки отдельно только тогда, когда угол между ними при глазе наблюдателя α будет больше $1'$. Если же этот угол будет меньше или равен $1'$, то наблюдатель будет все еще видеть знаки на одной вертикали, находясь в действительности в некотором удалении от оси створа W .

Чувствительностью створа называется величина уклонения наблюдателя от оси створа, при котором створные знаки начинают усматриваться отдельно, т. е. в растворе.

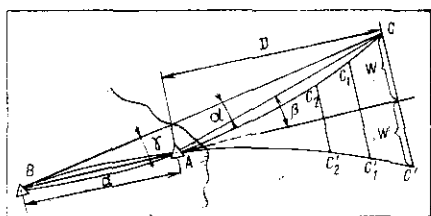


Рис. 50

Из рис. 50 видно, что:

$$\alpha = \beta - \gamma; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{W}{D}; \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{W}{D+d}.$$

Углы α , β и γ малы, а поэтому тангенсы этих углов могут быть заменены дугами

$$\alpha = \frac{W}{D} - \frac{W}{D+d} = \frac{Wd}{D(D+d)},$$

где α — разрешающая способность глаза наблюдателя, равная $1'$. В этом случае

$$\alpha = \alpha' \operatorname{arc} 1' = \operatorname{arc} 1',$$

и тогда чувствительность створа W выразится соотношением

$$W = \frac{D(D+d)}{d} \operatorname{arc} 1' = \frac{D(D+d)}{3438d}. \quad (31)$$

Из формулы видно, что чувствительность створа тем выше, чем меньше расстояние D от наблюдателя до переднего створного знака, т. е. на увеличивающихся расстояниях чувствительность створа понижается. При увеличении разноса знаков d чувствительность створа, наоборот, повышается, однако величина d может быть увеличена лишь до определенных пределов, которые могут обеспечить надежное визуальное наблюдение второго ориентира.

Для различных расстояний D можно получить различные величины чувствительности створа W . Соединив ряд точек C , являющихся вершинами угла $\alpha = 1'$, получим дуги AC . Поверхность, ограниченная этими дугами, называется створным промежутком. Находясь на створном промежутке, наблюдатель будет считать себя в створе.

§ 25. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕВИАЦИИ МАГНИТНОГО КОМПАСА И ПОПРАВК КОМПАСОВ

Определение остаточной девиации может быть полным и частичным. Полное — это часть девиационных работ, оно производится после уничтожения девиации магнитного компаса, однако может быть произведено и в других случаях, когда в этом появляется необходимость. Определяют девиацию в тихую погоду и при хорошей видимости, без крена и дифферента судна. При этом все подвижные ферромагнитные предметы должны быть закреплены по-походному.

При полном определении девиации все способы сводятся к сравнению наблюдаемых с помощью главного компаса компасных пеленгов $KП$ ($OKП$) с вычисленными значениями магнитных пеленгов $МП$ ($ОМП$):

$$\delta = МП - КП; \quad \delta = ОМП - ОКП.$$

Определение девиации путевого магнитного компаса производится по сличению курсов с главным компасом, так как первым нельзя производить пеленгование.

Частичное определение девиации магнитных компасов производится во время плавания. Для этого определяют поправки компасов при всех возможных случаях и как можно чаще для каждого нового курса судна. Если судно следует постоянным курсом, то такие наблюдения производятся на каждой вахте или не реже двух раз в сутки: после восхода Солнца и незадолго до его захода.

При частичном определении девиации вначале определяют поправку магнитного компаса, а затем, исключив из полученной поправки величину магнитного склонения, получают девиацию на данный компасный курс:

$$\delta = \Delta MK - d.$$

У дистанционного магнитного компаса остаточную девиацию определяют на основном компасе (датчике) и одновременно определяют погрешность дистанционной передачи по всем репитерам. Для этого сличают показания курсов по основному компасу и по репитерам. Если по основному компасу невозможно определить девиацию, то ее определяют по одному из репитеров, снабженному пеленгатором.

Определение девиации по пеленгам створов, истинное направление которых известно. Сущность этого способа заключается в том, что в момент пересечения линии створа замечают с точностью до $0,1^\circ$ его пеленг по компасу. При сравнении истинного направления створа с его компасным направлением получают поправку магнитного компаса. Из нее вычитают значение магнитного склонения данного района на год плавания и получают девиацию на данный курс.

Обычно на акваториях портов устраивают специальные девиационные полигоны, служащие для уничтожения и определения девиации. На этих полигонах устанавливают створные знаки (их бывает различного количество), истинное направление которых точно определено. В районе полигона известно также с высокой точностью и склонение. Сведения об истинных направлениях девиационных створов на полигонах приводятся на картах или в лоциях, а иногда в специальных изданиях.

Определяют девиацию в следующей последовательности.

1. Ложатся на выбранный компасный курс (на восемь главных и четвертных компасных курсов при полном определении остаточной девиации) так, чтобы до начала наблюдений судно удержалось на курсе около 1—2 мин, что необходимо для стабилизации магнитного состояния судна и преодоления картушкой инерции (рис. 51).

2. До прихода на линию створа устанавливают нить предметной мишени на задний створный знак и удерживают ее на этом знаке до прихода на линию створа.

В момент, когда знаки соствоятся, быстро замечают ОКП (ГКП— для определения ΔGK).

3. Все действия повторяют на других выбранных компасных курсах.

Если при определении девиации или поправок компасов судно пересекает не один створ, а веер створов (три или четыре, как это обычно бывает на девиационных полигонах), то девиацию на каждом курсе

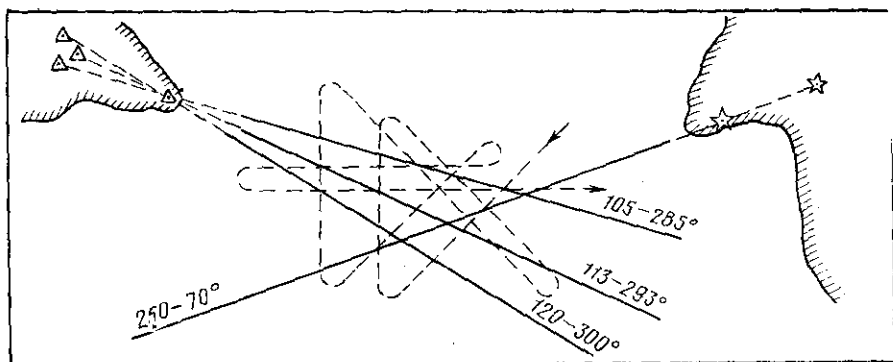


Рис. 51

(а равно и поправки компасов) определяют по каждому створу, а ее действительную величину рассчитывают как среднее из наблюдаемых на курсе девиаций:

$$\left. \begin{aligned} \delta_i &= \text{ОМП}_i - \text{ОКП}_i; \delta = \frac{\sum_1^n \delta_i}{n} \\ \Delta \text{МК}_i &= \text{ОИП}_i - \text{ОКП}_i; \Delta \text{МК} = \frac{\sum_1^n \Delta \text{МК}_i}{n} \\ \Delta \text{ГК}_i &= \text{ИП}_i - \text{ГКП}_i; \Delta \text{ГК} = \frac{\sum_1^n \Delta \text{ГК}_i}{n} \end{aligned} \right\}, \quad (32)$$

где δ_i , $\Delta \text{МК}_i$, $\Delta \text{ГК}_i$ — величины девиации или поправок компасов на данном курсе, определенные по одному из створов;

ОМП_i , ОИП_i — обратные магнитные или истинные пеленги каждого створа;

ОКП_i — обратные компасные пеленги каждого створа;

δ , $\Delta \text{ГК}$, $\Delta \text{МК}$ — средние из полученных девиаций и поправок компасов, т. е. действительная их величина на данном курсе.

Пример. При пересечении веера створов по магнитному компасу определили их $\text{ОКП}_1 = 236,1^\circ$; $\text{ОКП}_2 = 250,0^\circ$; $\text{ОКП}_3 = 276,9^\circ$, а по гирокомпасу $\text{ГКП}_1 = 58,9^\circ$; $\text{ГКП}_2 = 73,0^\circ$; $\text{ГКП}_3 = 100,1^\circ$. Направление створов на карте: первый створ $238,0^\circ - 58,0^\circ$, второй $252,0^\circ - 72,0^\circ$, третий $279,0^\circ - 99,0^\circ$.

Магнитное склонение на год плавания $5,2^\circ \text{Ost}$. Определить девиацию, поправки магнитного компаса и гирокомпаса для данного курса.

Решение. 1. Определение δ и $\Delta МК$.

$$\begin{array}{r} \frac{OИП_1=238,0^\circ}{OKП_1=236,1} \\ \frac{OИП_2=252,0^\circ}{OKП_2=250,0} \\ \frac{OИП_3=279,0^\circ}{OKП_3=276,9} \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{OИП_1=238,0^\circ}{OKП_1=236,1} \\ \frac{OИП_2=252,0^\circ}{OKП_2=250,0} \\ \frac{OИП_3=279,0^\circ}{OKП_3=276,9} \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{OИП_3=279,0^\circ}{OKП_3=276,9} \\ \frac{OИП_2=252,0^\circ}{OKП_2=250,0} \\ \frac{OИП_1=238,0^\circ}{OKП_1=236,1} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \Delta МК_1 = +1,9^\circ \\ \Delta МК_2 = +2,0^\circ \\ \Delta МК_3 = +2,1^\circ \end{array}$$

$$\Delta МК = \frac{\Delta МК_1 + \Delta МК_2 + \Delta МК_3}{3} = \frac{(+1,9^\circ) + (+2,0^\circ) + (+2,1^\circ)}{3} = +2,0^\circ$$

$$\begin{array}{r} - \Delta МК = +2,0^\circ \\ d = +5,2 \\ \delta = -3,2^\circ \end{array}$$

2. Определить $\Delta ГК$.

$$\begin{array}{r} \frac{ИП_1=58,0}{ГКК_1=58,9} \\ \frac{ИП_2=72,0^\circ}{ГКК_2=73,0} \\ \frac{ИП_3=99,0^\circ}{ГКК_3=100,1} \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{ИП_2=72,0^\circ}{ГКК_2=73,0} \\ \frac{ИП_3=99,0^\circ}{ГКК_3=100,1} \\ \frac{ИП_1=58,0}{ГКК_1=58,9} \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{ИП_3=99,0^\circ}{ГКК_3=100,1} \\ \frac{ИП_2=72,0^\circ}{ГКК_2=73,0} \\ \frac{ИП_1=58,0}{ГКК_1=58,9} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \Delta ГК_1 = -0,9^\circ \\ \Delta ГК_2 = -1,0^\circ \\ \Delta ГК_3 = -1,1^\circ \end{array}$$

$$\Delta ГК = \frac{\Delta ГК_1 + \Delta ГК_2 + \Delta ГК_3}{3} = \frac{(-0,9^\circ) + (-1,0^\circ) + (-1,1^\circ)}{3} = -1,0^\circ$$

Определение девиации по пеленгам створа, направление которого неизвестно. Если в районе определения девиации нет створа, направление которого известно, но на берегу имеется хорошо видимый с моря и достаточно чувствительный створ двух ориентиров (или веер створ), то для определения девиации можно воспользоваться последним.

Для этого необходимо лечь на восемь главных и четвертных компасных курсов и на этих курсах взять восемь компасных пеленгов выбранного створа (веера створов). Средний из взятых восьми компасных пеленгов может быть принят с достаточной степенью точности за магнитный пеленг створа, т. е.

$$КП_{ср} = МП = \frac{\sum_1^8 КП}{8} \quad \text{или} \quad ОМП = \frac{\sum_1^8 ОКП}{8} = ОКП_{ср}. \quad (33)$$

Определяют девиацию в следующей последовательности.

1. Выбирают на берегу два хорошо видимых ориентира (или несколько ориентиров, которые образуют веер створов) так, чтобы их разнос знаков d был не менее одной мили. Расстояние D от судна до переднего знака не должно превышать 3—4 мили.

2. Составляют схему маневрирования, в которой предусматривают время нахождения на курсе до пересечения створа, необходимое для установки картушки компаса в равновесное положение (1—2 мин до пересечения створа).

3. На каждом курсе берут компасные пеленги створа (см. п. 2 предыдущего способа).

4. Рассчитывают магнитный пеленг створа.

5. Сравнивают компасные пеленги с рассчитанным магнитным и получают девиацию по заранее подготовленной схеме:

$КК_{гд}$	$ОМП = ОКП_{ср}$	$ОКП$	$\delta_{гд}$
-----------	------------------	-------	---------------

6. Для проверки правильности расчетов магнитного пеленга после вычисления девиации берут суммы всех положительных и всех отрицательных девиаций. Если они равны или разница между ними не превышает $0,5^\circ$, то расчет верен. В противном случае необходимо заново рассчитать магнитный пеленг.

Поправку магнитного компаса для любого курса можно определить по формуле (20) или по формулам:

$$\Delta MK = OИП - ОКП; \Delta MK = ИП - КП,$$

а поправку гирокомпаса по формуле (24) или по формуле

$$\Delta GK = МП + d - ГКП.$$

При этом $ГКП$ необходимо брать на первом курсе, пока гирокомпас не накопил погрешностей за время маневрирования. Знание величины магнитного склонения в районе будет ощутимо влиять на правильность определенной поправки ΔGK .

Пример. На восьми главных и четвертных компасных курсах берут по главному магнитному компасу восемь обратных компасных пеленгов створа, направление которого не было известно:

$$ОКП_N = 78,3^\circ; ОКП_{NO} = 77,8^\circ; ОКП_O = 76,1^\circ; ОКП_{SO} = 75,0^\circ;$$

$$ОКП_S = 77,3^\circ; ОКП_{SW} = 78,9^\circ; ОКП_W = 80,9^\circ; ОКП_{NW} = 79,8^\circ.$$

Определить девиацию на этих курсах и поправку гирокомпаса, если на первом курсе был измерен $ГКП = 263,4^\circ$. Магнитное склонение в районе $d = 6,4^\circ O^{st}$.

Решение.

$$ОМП = ОКП_{ср} = \frac{78,3^\circ + 77,8^\circ + 76,1^\circ + 75,0^\circ + 77,3^\circ + 78,9^\circ + 80,9^\circ + 79,8^\circ}{8} = 78,0^\circ.$$

После определения $ОМП$ вычисляют девиацию по следующей таблице:

Главный компас				Главный компас			
КК _{ГЛ}	ОКП,°	ОМП°	$\delta_{ГЛ}$,°	КК _{ГЛ}	ОКП,°	ОМП°	$\delta_{ГЛ}$,°
N	78,3	78,0	-0,3	S	77,3	78,0	+0,7
NO	77,8	78,0	+0,2	SW	78,9	78,0	-0,9
O st	76,1	78,0	+1,9	W	80,9	78,0	-2,9
SO	75,0	78,0	+3,0	NW	79,8	78,0	-1,8

Сумма отрицательных девиаций $+5,8^\circ$, сумма положительных $-5,9^\circ$, следовательно, расчет произведен верно.

Определяем поправку гирокомпаса

$$\begin{aligned}
 &+ \frac{ОМП = 78,0^\circ}{180,0} \\
 &+ \frac{МП = 258,0^\circ}{d = +6,4} \\
 &- \frac{ИП = 264,4^\circ}{ГКП = 263,4^\circ} \\
 &\hline
 &\Delta GK = +1,0^\circ.
 \end{aligned}$$

Определение девиации по пеленгам отдаленного предмета. Если на берегу нет створа, но есть какой-либо хорошо заметный ориентир, то для определения девиации можно воспользоваться одним лишь этим ориентиром. Для этого, как и в предыдущем способе, необходимо лечь на восемь главных и четвертных компасных курсов и взять по восемь компасных пеленгов. Однако выполнение этого способа имеет свои особенности.

При взятии компасных пеленгов отдаленного предмета следует иметь в виду, что его магнитный пеленг соответствует только одному направлению, в то время как судно на ходу, во время перехода на различные курсы, изменяет свое положение, а значит пеленги будут братья из различных точек. Поэтому необходимо предусмотреть, чтобы в момент взятия пеленга судно находилось именно в этом направлении. Если этого не удается, то следует рассчитать допустимое расстояние до ориентира D , при котором ошибка во взятом пеленге не превышала бы заранее заданной величины.

Пусть A — выбранный для пеленгования отдаленный предмет (рис. 52), O — центр площади, в которой может маневрировать судно для взятия пеленгов на различных курсах, радиус которой R . Тогда если заранее задаться величиной α — допустимой ошибкой в определении магнитного пеленга, можно легко рассчитать $OA = D$ — расстояние до ориентира, при котором на выбранной площади маневрирования ошибка во взятом пеленге не будет превышать α :

$$\sin \alpha = \frac{R}{D},$$

откуда

$$D = \frac{R}{\sin \alpha},$$

или по малости угла α ($\sin \alpha = \frac{\alpha^\circ}{57,3}$)

$$D = \frac{60R}{\alpha}. \quad (34)$$

Если учесть, что точность определения $0,25^\circ$ вполне допустима, то получим

$$D = 240R.$$

Пример. При маневрировании во время взятия пеленгов судно в некоторые моменты находилось от линии центрального пеленга OA (см. рис. 52) на расстоянии до 100 м. Определить расстояние до ориентира с условием, что ошибка в пеленге не будет превышать $0,25^\circ$.

Решение.

$$D = 240R = \frac{240 \times 100}{1852} = 13 \text{ миль.}$$

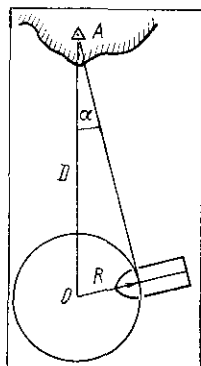


Рис. 52

Из примера видно, что площадь района маневрирования имеет большое значение для выбора расстояния до ориентира. Так, например, если уменьшить расстояние от точек пеленгования до направления центрального пеленга в пределах 50 м, то допустимое расстояние до ориентира снизится до 6,5 мили, при $R = 20$ м оно может быть сокращено до 2,6 мили.

Поэтому на практике применяют следующий способ определения девиации по пеленгам отдаленного предмета (при котором расстояние до ориентира не превышает 5 миль). На выбранном для маневрирования месте бросают буюк с грузом-якорем и, ложась последовательно (рис. 53) на восемь компасных курсов, определяют *ОКП* предмета в момент, когда судно подойдет почти вплотную к буйку. В некоторых портах для этой цели устанавливают специальные палы или бочки. Небольшие суда швартуют непосредственно к палу и, подавая швартовы с носа и кормы на бугель, свободно надетый на пал, разворачивают вокруг пала на выбранные компасные курсы. Большие суда подают швартовы с носа на переднюю бочку, а кормовые — на стоящие вокруг бочки (или на стенку гавани). Разворачиваясь на швартовах, судно также может лечь на любой компасный курс. Для крупнотоннажных судов R может быть большим, а поэтому расстояние D для них должно быть увеличено. В том случае если истинный (или магнитный) пеленг заранее известен (при работе на акватории порта или при наличии достаточно подробной карты, на которой место судна точно известно), обработка наблюдений производится по ранее приведенной схеме без расчета *ОМП*. Если истинный (магнитный) пеленг заранее не известен, то вначале рассчитывают *ОМП* по формуле (33), а затем приступают к обработке наблюдений по той же схеме.

Определение девиации по взаимным пеленгам двух компасов. Этот способ используют в тех случаях, когда на побережье нет створов и хорошо приметного ориентира. Он имеет некоторое преимущество перед способом определения девиации по отдаленному предмету, так как судно может производить наблюдения относительно близко от берегового компаса, что дает возможность пользоваться им и в пасмурную погоду. Важным является и то, что судно на ходу в этом случае не ограничено в своем маневрировании, район которого определяется только условиями взаимной видимости компасов.

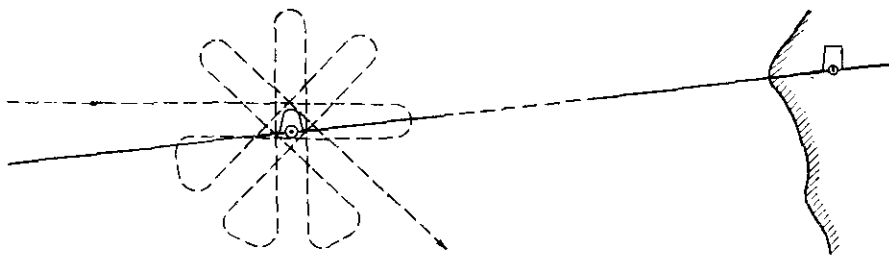


Рис. 53

Для определения девиации этим способом один из судовых компасов вывозят в шлюпке на берег и устанавливают его на треноге вдали от железных масс.

Если теперь одновременно взять пеленги друг на друга по судовому и береговому компасам, то они будут отличаться на $180^\circ + \delta$, так как, пеленгуя с берегового судовой компас, наблюдатель получит *МП*, в то время как пеленгуя с судового береговой компас — *ОКП*. Поэтому значение *МП* необходимо изменить на 180° . Полученные таким образом значения *ОМП* сравнивают с *ОКП* и в результате получают величину и знак наблюдаемой девиации на данном компасном курсе.

При этом определяют девиацию в следующей последовательности.

1. Сравнивают часы наблюдателей перед наблюдениями. Устанавливают один из компасов на треноге на берегу в месте, из которого обеспечивается взаимная видимость судна и компаса.

2. Устанавливают над обоими компасами по приметному флагу. Для одновременности взятия пеленгов применяют условные сигналы: флаг, поднятый до места — «Приготовиться»; спуск флага — «Взять пеленг».

3. В районе, находящемся в непосредственной близости от берегового компаса, но безопасном для маневрирования, ложатся на выбранные компасные курсы.

4. На каждом компасном курсе берут, если возможно, не менее трех взаимных пеленгов.

5. Обрабатывают наблюдения для каждого курса по формулам:

$$\delta_i = \text{ОМП}_i - \text{ОКП}_i; \quad \delta = \frac{\sum_1^n \delta_i}{n},$$

где δ_i — наблюдаемая девиация;

δ — средняя из наблюдаемых девиаций на данном компасном курсе, т. е. действительная девиация, свободная от случайных ошибок;

n — число наблюдений на данном курсе.

6. Определяют поправку магнитного компаса на любом курсе или поправку гирокомпаса по *ГКП*, взятому на первом курсе, если в районе точно известно магнитное склонение.

Следует помнить, что с судна будут братья *ОКП*, а с берегового компаса *МП*, а не *ОМП*. Однако *ОМП* легко найдется как $\text{ОМП} = \text{МП} \pm 180^\circ$.

В крайних случаях этот способ применяют в открытом море, где используют деревянную шлюпку с установленным на ней компасом.

Определение магнитного склонения, девиации и поправок компасов по пеленгам небесных светил. В практике судоводителю часто приходится проверять поправки компасов и девиацию тогда, когда судно находится в море, на значительном расстоянии от берегов и ориентиров. В этом случае в ясную погоду определение этих поправок может быть произведено по пеленгам небесных светил.

В момент взятия компасного пеленга светила замечают момент по часам и рассчитывают его истинный пеленг по правилам, изучаемым в курсе Мореходной астрономии. Поправки магнитного компаса и гирокомпаса рассчитывают из соотношений:

$$\Delta MK = ИП - КП; \Delta GK = ИП - ГКП.$$

Что же касается девиации магнитного компаса, то она точно может быть определена лишь при достоверно известном склонении в районе плавания

$$\delta = ИП - КП - d = \Delta MK - d.$$

Но если магнитное склонение в районе точно не известно, то оно может быть с достаточной точностью определено как среднее из поправок магнитного компаса, взятых на восьми главных и четвертных компасных курсах, т. е.

$$d \approx \frac{\sum_1^8 \Delta MK}{8}.$$

Достоинством этого способа является незначительное влияние ошибок в координатах места судна на величину рассчитываемого ИП. Кроме того, судно может свободно маневрировать при выборе компасного курса.

Для повышения точности пеленгования необходимо выбирать светила с малой высотой, стараясь не прибегать к помощи откидного зеркала, и следить за тем, чтобы плоскость азимутального круга котелка оставалась по возможности горизонтальной, ибо это может повлиять на точность определения компасного пеленга. Особенно удобно определять поправки по Солнцу незадолго до его захода и вскоре после восхода.

Определяют поправки компасов, девиацию и магнитное склонение в следующей последовательности.

1. Ложатся на восемь главных и четвертных компасных курсов, задерживаясь на каждом до начала наблюдений на 2—3 мин, и на них берут не менее трех компасных пеленгов светила, соответственно замечая по часам моменты взятия пеленгов.

2. Рассчитывают истинные пеленги светил по времени взятия соответствующих компасных пеленгов.

3. Рассчитывают поправки компасов по формулам (32) и девиацию магнитного компаса по соответствующей схеме, если точно известно магнитное склонение в районе. Если магнитное склонение неизвестно или вызывает сомнение, рассчитывают его предварительно по формуле

$$d \approx \frac{\sum_1^8 \Delta MK}{8}.$$

Определение девиации у путевых компасов. В этом случае судно последовательно ложится на восемь главных и четвертных компасных

курсов по главному компасу. Когда оно установится на заданном курсе, пользуясь сигнализацией, замечают одновременно компасные курсы по главному и путевому компасам. Зная $KK_{ГЛ}$ и его девиацию, легко рассчитать магнитный курс судна, а затем получить девиацию путевого компаса

$$\delta_{П} = МК - KK_{П}.$$

Показания компасов сличают на каждом курсе не менее трех раз, что исключает возможные ошибки наблюдений.

Запись наблюдений и вычислений производится по заранее подготовленной схеме:

$KK_{ГЛ}$	$\delta_{ГЛ}$	$МК$	$KK_{П}$	$\delta_{П}$

Определяют девиацию в следующей последовательности.

1. Ложатся на восемь главных и четвертных компасных курсов и на каждом из них не менее трех раз одновременно сличают показания главного и путевого магнитных компасов.

2. Рассчитывают девиацию путевого компаса по заранее подготовленной схеме.

3. Поправку путевого компаса на любом курсе получают по формуле

$$\Delta МК_{П} = \delta_{П} + d.$$

Определение поправок и девиации магнитных компасов по сличению с гирокомпасом. Способ применяется для определения поправок как главного, так и путевых компасов при условии известной поправки гирокомпаса, а также девиации этих компасов, если в районе точно известно магнитное склонение.

Зная поправку гирокомпаса, можно на любом компасном курсе рассчитать поправку магнитного компаса по формуле

$$\Delta МК = ГКК - КК + \Delta ГК.$$

Зная точно магнитное склонение в районе плавания, можно, в свою очередь, рассчитать девиацию магнитного компаса для любого курса

$$\delta = \Delta МК - d.$$

Способ этот прост и автономен, так как почти каждое отечественное судно снабжено гирокомпасом. Его широко используют на практике при плавании в открытом море и при плохой видимости.

Следует помнить, что с переходом от одного курса к другому необходимо начинать наблюдения спустя 5—10 мин, т. е. тогда, когда оба компаса исключат накопленные на маневре ошибки.

Некоторые замечания по определению поправки гирокомпаса. Способы определения поправки гирокомпаса уже были рассмотрены ранее, но так как гирокомпасы установлены в настоящее время почти на всех отечественных судах и широко используются в качестве основных

курсоуказателей, следует более подробно указать последовательность работы по определению их поправок в различных условиях плавания.

Прежде чем начать работы по определению поправки гирокомпаса, сличают показания всех репитеров, установленных на судне, с показаниями основного прибора. Эта работа должна быть произведена еще на стоянке или, в крайнем случае, сразу же после выхода судна из порта.

В порту для определения поправки гирокомпаса следует использовать истинные пеленги отдаленных ориентиров, так как место стоянки судна у причала может быть получено с большей точностью. При выходе судна из порта для этой цели почти всегда можно воспользоваться створами различных ориентиров. Необходимо помнить, что поправка гирокомпаса может измениться в период плавания в силу различных причин, а поэтому в любой возможный момент никогда не будет излишним уточнить ее действительное значение.

При плавании вблизи берегов поправку гирокомпаса следует проверять и определять при каждом возможном случае так же, как это указывалось при частичном определении девиации и поправок магнитного компаса. Но при этом необходимо иметь в виду, что поправка гирокомпаса достаточно просто и точно определяется лишь по истинному направлению на створ или ориентир.

Определять поправку на новом курсе следует только по истечении 5—10 мин, чтобы избежать баллистических погрешностей гирокомпаса, возникающих при повороте и зависящих от широты места и условий плавания судна.

При плавании в открытом море поправку гирокомпаса необходимо определять астрономическими способами на каждой вахте или не менее двух раз в сутки. Кроме того, она сразу должна быть определена, если производилась чистка контактов или смена каких-либо запасных частей.

На некоторых судах все еще используют гирокомпасы, не имеющие корректора, который автоматически учитывает переменную поправку, появляющуюся за счет изменения скорости, курса и географической широты места. Для таких компасов данные о переменной поправке представлены в специальных таблицах и номограммах. Однако действительная поправка гирокомпаса может отличаться от табличной переменной и в этом случае будет состоять из переменной и постоянной. Постоянная поправка зависит от чисто технических причин и, будучи определенной (или уточненной) в условиях данного плавания, должна учитываться на всех других курсах. Чтобы получить величину этой постоянной составляющей, достаточно переменную поправку вычесть из поправки, которую определили

$$\Delta = \Delta ГК - \Delta ГК_V,$$

где Δ — постоянная составляющая поправки гирокомпаса;

$\Delta ГК_V$ — переменная составляющая, выбираемая из таблиц на соответствующий курс, скорость судна и широту района плавания.

§ 26. ПОНЯТИЕ О МАГНИТНЫХ И ГИРОСКОПИЧЕСКИХ КОМПАСАХ

В настоящее время основными средствами указания курса и определения направлений в море являются магнитные и гироскопические компасы.

Действие магнитного компаса основано на использовании магнитных свойств тел и направленности магнитного поля Земли. Главная часть стрелочного магнитного компаса состоит из системы параллельных магнитных стрелок, скрепленных сверху легкой картушкой. Магнитная ось всей системы параллельна диаметру картушки $0-180^\circ$. Картушка посажена на острие шпильки и может свободно вращаться вокруг вертикальной оси. Система магнитных стрелок всегда стремится занять такое положение, чтобы ее магнитная ось совпала с направлением окружающих картушку магнитных силовых линий. Благодаря этому картушка удерживается в определенном направлении.

Отечественная промышленность выпускает простые (с непосредственным отсчетом) и дистанционные стрелочные магнитные компасы.

Простые магнитные компасы по назначению подразделяются на судовые, катерные и шлюпочные. В зависимости от диаметра картушки они бывают 127 и 75-мм.

127-мм компасы выпускают трех вариантов: на высоком нактоузе (УКП—М1М); на низком нактоузе (УКП—МЗМ); на настольной плите (УКП—М10).

75-мм компасы выпускаются в трех комплектациях: с металлическим нактоузом на колонке; с металлическим нактоузом на кронштейне (для катеров); в защитном футляре (для шлюпок).

Дистанционные магнитные компасы выпускают в следующих модификациях:

- с оптической передачей показаний (типа КМО — компас магнитный с оптической передачей);

- с фотоэлектрической следящей системой (типа КМД — компас магнитный дистанционный);

- с электрической следящей системой (типа КДЭ — компас дистанционный электрический).

Простой магнитный компас представляет собой единый автономный прибор, устанавливаемый в местах непосредственного пользования им, в частности в рулевой рубке для контроля курса и на верхнем мостике для определения направлений на предметы.

Основной прибор дистанционного магнитного компаса и гироскопического компаса устанавливают в отдельном помещении, по возможности ближе к

центру тяжести судна. Показания основных приборов с помощью оптической, фотоэлектрической или электрической следящих систем передаются на репитеры (приборы — повторители). Репитер представляет собой металлический застекленный сверху корпус котелка, внутри которого вращаются катушки грубого и точного отсчетов. Сверху котелка укреплено азимутальное кольцо. Репитеры, устанавливаемые на колонках-пелорусах на крыльях мостика, служат для взятия пеленгов и курсовых углов предметов. Репитеры, устанавливаемые на кронштейнах в рулевой и штурманской рубках, а также в других местах (каюте капитана, в машинном отделении и т.д.) служат для контроля курса судна.

§ 27. ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЙДЕННОГО РАССТОЯНИЯ И СКОРОСТИ СУДНА

Для того чтобы точно и в заданный срок провести судно из одной точки в другую, судоводителю недостаточно знать только истинный курс судна. Необходимо знать и его скорость, или проходимое судном расстояние относительно поверхности Земли за определенные промежутки времени. Приборы, с помощью которых определяется скорость и пройденное судном расстояние, называются *лагами*.

В настоящее время существует много различных конструкций лагов, но почти все они обладают одним существенным недостатком: эти приборы измеряют величину пройденного судном расстояния не относительно поверхности Земли (дна, грунта), а относительно воды. Поэтому они не учитывают течение, т. е. дают не истинные, а относительные скорости и расстояния, что создает значительные трудности при учете движения судна.

Расстояния в море измеряют в морских милях и кабельтовых, поэтому и пройденные судном расстояния измеряют в таких же единицах.

Скорость судна выражается количеством миль в час. При этом величина скорости, равная одной миле в час, имеет свое наименование — *узел*, сохранившееся еще со времен парусного флота. Лаг того времени представлял собой лить, один конец которого крепился к сектору — поплавку, выбрасываемому в воду, а другой находился в руках наблюдателя. Лить был размечен узелками через 14,63 м (1/120 часть морской мили с учетом скольжения сектора по воде) и по ходу судна свободно выпускался за корму. Наблюдатель в течение 0,5 мин (1/120 часть часа) отсчитывал, сколько узелков уйдет за борт, и по их числу определял скорость судна. Так, если за 0,5 мин за борт уходил один узел (1/120 часть мили), то и скорость, естественно, была равна 1 уз, 1 миля/ч, если три узла — 3 мили/ч, 10 узлов — 10 миль и т. д. Название «узел» прижилось и сохранилось до нашего времени.

Скорость может измеряться также в кабельтовых в минуту. Скорости 1 кб/мин соответствует скорость 6 уз. Значит, 2 кб/мин = 12 уз, 3 кб/мин = 18 уз и т. д.

Иногда появляется необходимость измерить скорость судна в метрах в секунду. Для перехода от одного выражения скорости к друго-

му следует использовать табл. 37 Мореходных таблиц (МТ—75) или приложение 9.

Одним из самых старых способов определения скорости судна и пройденного расстояния является навигационный. Зная точные места судна на определенные моменты времени, можно снять с карты пройденное расстояние за этот промежуток времени и рассчитать скорость судна в узлах по формуле

$$V = \frac{60S}{\Delta t},$$

где S — снятое с карты расстояние между определениями, мили;
 Δt — промежуток времени между определениями, мин.

Однако величина этой скорости при дальнейшем плавании сохранит свое постоянное значение лишь при строго определенных условиях: при неизменном ветре, течении и неизменных оборотах гребного винта. Следовательно, этот способ предполагает возможность частого и точного контроля места судна, что далеко не всегда возможно при различных условиях плавания.

Позже, когда появились винтовые суда, скорость начали определять по числу оборотов гребного винта. Каждому числу оборотов соответствует строго определенная скорость судна. Поэтому, зная подобную закономерность, которую определяют на специальных полигонах, называемых мерными линиями, можно составить таблицу или график зависимости скорости судна от числа оборотов гребного винта. В этом случае пройденное расстояние определится по формуле

$$S = \frac{V_{об} \Delta t}{60},$$

где $V_{об}$ — скорость судна, определенная по частоте вращения гребного винта, уз;

Δt — время, мин.

Этот способ находит широкое применение и в настоящее время, однако пользоваться им необходимо в разумных пределах. Дело в том, что на скорость судна во время плавания влияют различные факторы, которые могут изменить ее величину при неизменных оборотах винта. Так, при одних и тех же оборотах скорость будет различной для различных осадок судна, при встречном или попутном ветре, на волнении, ощутимо скажется на изменении скорости и обрастание корпуса судна, значительный крен, дифферент, особенно на нос. На мелководе при прочих равных условиях скорость всегда меньше, чем на глубокой воде. Все это в достаточной степени затрудняет определение скорости судна по числу оборотов гребного винта, но в случае потери лага или его неисправности он остается единственно возможным.

Для быстрого определения пройденного судном расстояния по скорости на заданные промежутки времени следует пользоваться приложением 2 к МТ—75.

Аргументами для входа в таблицу приложения 2 служит время, указанное через минуту от 1 до 10 мин, и скорость в узлах от 1 до 60 уз через 1 уз.

Расстояния в таблице даны с точностью до сотых долей мили. Для промежутков времени в 10 раз больше табличных расстояния получаются переносом запятой вправо.

Если заданный промежуток времени не табличный, то его разбивают на два табличных и выбранные по ним расстояния складывают. Выборка расстояний для скоростей с десятными долями узла и времени с десятными долями минуты производится интерполяцией.

Пример. Скорость судна $V = 17$ уз. Найти пройденное судном расстояние, если судно шло $2^{\text{ч}}37^{\text{м}}$.

Решение. Время $2^{\text{ч}}37^{\text{м}} = 157^{\text{м}}$ разбиваем на части $t' = 100$, $t'' = 50$ и $t''' = 7$ и по ним для $V = 17$ уз выбираем расстояния $S' = 28,3$, $S'' = 14,2$ и $S = 1,98$. Окончательно: $S = S' + S'' + S''' = 28,3 + 14,2 + 1,98 \approx 44,5$ мили.

Если в данном примере скорость судна взять $V = 17,4$ уз, то расстояние после интерполяции получится:

$$S' = 29,0, S'' = 14,5, S''' = 2,02$$

$$S = S' + S'' + S''' = 45,5 \text{ мили.}$$

В практике судовождения часто приходится решать и обратную задачу, т. е. находить промежуток времени, в течение которого судном будет пройдено заданное расстояние при данной скорости. Для этой цели служит таблица приложения 3 к МТ — 75.

Для быстрого перевода часов в минуты и секунд в доли минуты на полях таблицы помещены дополнительные таблицы.

Пример. Скорость судна $V = 14$ уз. Определить, за какое время судно пройдет расстояние 37,5 мили.

Решение. Разбиваем $S = 37,5$ мили на части $S' = 30$, $S'' = 7$, $S''' = 0,5$ и по ним для $V = 14$ уз выбираем $t' = 128,6$, $t'' = 30$, $t''' = 2,1$. Окончательно: $t = t' + t'' + t''' = 128,6^{\text{м}} + 30^{\text{м}} + 2,1^{\text{м}} \approx 161^{\text{м}} = 2^{\text{ч}}41^{\text{м}}$.

Если в данном примере взять скорость судна $V = 14,5$ уз, то время после интерполяции получится:

$$t' = 124,3, t'' = 29,0, t''' = 2,1.$$

$$t = t' + t'' + t''' = 155,4^{\text{м}} \approx 155 = 2^{\text{ч}}35^{\text{м}}.$$

Еще проще эти задачи решаются на логарифмической линейке. Для этого требуется лишь одна установка: под цифру «60» на шкале квадратов корпуса линейки надо подвести заданную скорость в узлах (число, выражающее эту скорость) по шкале квадратов движка линейки. Тогда шкала корпуса будет служить шкалой времени, а шкала движка — шкалой пройденного расстояния.

§ 28. ЛАГИ

Лаги в зависимости от принципа действия и устройства подразделяются на вертушечные (механические и электромеханические), гидродинамические и индукционные.

Вертушечные механические (заборные) лаги бывают двух систем: ЛЗМ — для измерения скоростей от 5 до 15 уз и ЛЗБ — от 5 до 25 уз. Обе системы основаны на одном и том же принципе и отличаются только устройством отдельных частей. Основная часть этих лагов — вер-

тушка, которая на специальном лагине буксируется за кормой. При движении судна струя воды давит на лопасти вертушки и приводит ее во вращение. Зная шаг вертушки h и количество оборотов n , можно определить пройденное расстояние

$$S = hn.$$

У лагов этих систем счетчики показывают только пройденное расстояние.

Вертушечные электромеханические (днщевые) лаги имеют вертушку, выставляемую в подводной части корпуса судна. Вращение вертушки передается при помощи системы дистанционной электромеханической передачи на счетчик пройденного расстояния. У некоторых типов таких лагов, кроме счетчиков пройденного расстояния, имеется специальное дифференцирующее устройство для вычисления скорости судна и передачи этих данных на указатели скорости.

Вертушечные лаги устарели и на судах используются редко.

Гидродинамические лаги в отличие от вертушечных измеряют скорость судна, а затем, с помощью специального интегрирующего устройства, преобразуют ее в пройденное расстояние. Работа этих лагов основана на измерении разности динамического и статического давлений воды, зависящей от скорости судна.

Гидродинамические лаги отличаются чувствительностью, точностью и большей надежностью в работе по сравнению с электромеханическими вертушечными лагами. Современные суда оснащают, как правило, гидродинамическими лагами. На отечественных судах наиболее широко используют лаги этого типа ЛГ-2, МГЛ-25.

Принцип действия *индукционных лагов* основан на использовании зависимости между скоростью судна и электродвижущей силой, индуктируемой в воде источником магнитного поля, жестко скрепленным с судном и движущимся вместе с ним.

Индукционные лаги отличаются сравнительно высокой точностью выдаваемых показаний и большой надежностью в работе. Одним из отечественных лагов такого типа является индукционный электронный лаг ИЭЛ-2.

К наиболее перспективным абсолютным лагам следует отнести инерциальные, доплеровские и геоэлектроманнитные системы.

Принцип действия *инерциальных систем* основан на измерении воздействующих на судно ускорений с помощью специальных приборов, называемых экселерометрами, что позволяет получить вначале скорость, а потом и пройденное судном расстояние. Подобная система учитывает, кроме величины перемещения судна от движителей, также и перемещение его за счет сноса от ветра и течения, а значит определяет абсолютную скорость относительно дна и, кроме того, позволяет получить направление движения судна.

Принцип действия *доплеровских измерителей полной скорости* основан на использовании эффекта Доплера, заключающегося в изменении наблюдаемой частоты вследствие относительного движения источника излучаемой энергии или наблюдателя. Разность частоты ис-

точника и принимаемой частоты пропорциональна скорости движения, а поэтому, будучи измеренной на судне, она будет характеризовать его скорость. Доплеровские измерители скорости могут работать как на электромагнитных волнах (радиодоплеровские системы), так и на звуковых (доплеровские гидроакустические системы). В настоящее время отечественной промышленностью разработаны и успешно применяются на судах доплеровская радиолокационная станция «Истра» и доплеровский гидроакустический абсолютный лаг «Онега». Однако возможности их использования пока ограничены.

Принцип действия *геоэлектромагнитных систем* заключается в измерении электродвижущей силы, индуцируемой в измерительных проводниках, связанных с судном, при совместном их движении в магнитном поле Земли. При этом величина электродвижущей силы является мерой скорости. Соответствующее расположение измерительных проводников позволяет учитывать продольное и поперечное перемещение судна под воздействием движителей, дрейфа и течения, а значит измерять абсолютную скорость судна относительно дна.

§ 29. УЧЕТ ПОПРАВКИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЛАГА

Лаг, как и всякий другой механический прибор, дает показания с некоторой ошибкой. Для того чтобы с помощью лага измерить действительное расстояние, пройденное судном, показания лага необходимо исправить соответствующей поправкой. При этом важна не столько величина этой поправки, сколько ее постоянство, что является основным достоинством любого лага. Действительно, лучше иметь лаг, показания которого все время занижают (или завышают) величину пройденного судном расстояния, например, на 1 милю за каждые 10 миль плавания, чем лаг, который на каждые 10 миль ошибается лишь на 0,2—0,3 мили, но в данный момент времени эта ошибка уменьшает величину пройденного расстояния, а в следующий увеличивает и т. д., т. е. без всякой последовательности. В показаниях такого лага может накопиться значительная ошибка, учесть которую практически невозможно.

Поправкой лага называется величина, выраженная в процентах и служащая для перехода от расстояния, показанного лагом, к фактически пройденному судном расстоянию относительно воды. Формула поправки лага (в процентах) имеет следующий вид:

$$\Delta l = \frac{S - (oL_2 - oL_1)}{(oL_2 - oL_1)} 100, \quad (35)$$

где S — действительное плавание судна относительно дна;
 $oL_2 - oL_1$ — разность отсчетов лага, замеченная по счетчику пройденного расстояния (иногда величину $oL_2 - oL_1$ записывают буквами *рол* — разность отсчетов лага).

Поправка лага положительна, если лаг показывает расстояние меньше фактического, и отрицательна, если больше фактического.

Поправка лага может быть определена исходя из истинной скорости судна относительно дна и скорости, показанной лагом, по формуле

$$\Delta l = \frac{V - V'_л}{V'_л} 100, \quad (36)$$

где V — истинная скорость судна относительно дна;

$V'_л$ — скорость по лагу без учета его поправки (или разность отсчетов лага за 1 ч плавания).

Примеры. 1. Действительная скорость судна $V = 14,7$ уз, а по лагу $V'_л = 15,3$ уз. Определить поправку лага Δl .

Решение.

$$\Delta l = \frac{14,7 - 15,3}{15,3} \times 100 = \frac{-0,6}{15,3} \times 100 = \frac{-60}{15,3} = -3,9 \%$$

Поправка отрицательная, так как в примере лаг показывал скорость больше действительной.

2. Действительное расстояние, пройденное судном, $S = 2,6$ мили, $рол = ол_2 - ол_1 = 2,5$ мили. Определить Δl .

Решение.

$$\Delta l = \frac{2,6 - 2,5}{2,5} \times 100 = \frac{0,1}{2,5} \times 100 = +4 \%$$

Поправка положительная, так как в примере лаг показывал расстояние меньше действительного.

Часто поправку лага выражают через коэффициент $K_{л}$, величину которого можно получить по формулам:

$$K_{л} = \frac{S}{рол}, \text{ или } K_{л} = \frac{V}{V'_л} \quad (37)$$

и который рассчитывается с точностью до 0,01. Зависимость между поправкой лага и коэффициентом лага очевидна и может быть установлена из формулы (35):

$$\Delta l = \frac{S - рол}{рол} 100 = \left(\frac{S}{рол} - 1 \right) 100.$$

Но

$$\frac{S}{рол} = K_{л},$$

тогда

$$\Delta l = \left(\frac{S}{рол} - 1 \right) 100 = (K_{л} - 1) 100,$$

откуда

$$K_{л} = 1 + \frac{\Delta l}{100}. \quad (38)$$

Коэффициент лага в отличие от поправки всегда положителен. Различие заключается в том, что при положительных Δl он больше

единицы, а при отрицательных $\Delta l - K_{\text{л}}$ меньше единицы. Например, при $\Delta l = +5\%$ $K_{\text{л}} = 1 + \frac{(+5)}{100} = 1,05$, а при $\Delta l = -4\%$ $K_{\text{л}} = 1 + \frac{(-4)}{100} = 0,96$.

Коэффициентом лага удобно пользоваться при решении задач на логарифмической линейке.

Фактически пройденное судном расстояние $S_{\text{л}}$ и фактическая скорость $V_{\text{л}}$ относительно воды при известной поправке лага или его коэффициенте определяются по формулам:

$$V_{\text{л}} = V'_{\text{л}} \left(1 + \frac{\Delta l}{100} \right) = V'_{\text{л}} K_{\text{л}}; \quad (39)$$

$$S_{\text{л}} = \text{пол} \left(1 + \frac{\Delta l}{100} \right) = \text{пол} K_{\text{л}}. \quad (40)$$

Для удобства вычислений $S_{\text{л}}$ в МТ—75 по формуле (40) составлены таблицы приложения 4; одна — для положительной, другая — для отрицательной поправок лага. Аргументами для входа в таблицу служат: разность отсчетов ($ol_2 - ol_1$), помещенная в левом столбце от 1 до 100 миль, и поправки лага от 1 до 10%, помещенные в верхней строке.

Если требуется вычислить $S_{\text{л}}$, когда разность отсчетов лага больше 100 миль, то ее надо разбить на части, каждая из которых не превышает 100 миль, затем выбрать из таблиц $S_{\text{л}}$ на каждую часть отдельно, а полученные результаты сложить.

Пример. $ol_1 = 12,7$; $ol_2 = 148,7$; $\Delta l = +3\%$ ($K_{\text{л}} = 1,03$). Рассчитать $S_{\text{л}}$, пользуясь МТ—75 и логарифмической линейкой.

Решение. $\text{пол} = ol_2 - ol_1 = 148,7 - 12,7 = 136,0$.

Разбиваем эту разность на части 100 + 36 и выбираем из приложения 4 МТ—75 соответственно:

$$S'_{\text{л}} = 103,0; \quad S''_{\text{л}} = 37,1;$$

складываем и получаем

$$S_{\text{л}} = S'_{\text{л}} + S''_{\text{л}} = 103,0 + 37,1 = 140,1 \text{ мили.}$$

Для решения задачи на логарифмической линейке можно воспользоваться логарифмическими шкалами корпуса (шкала $S_{\text{л}}$) и движка линейки (шкала пол).

Результат получим по формуле

$$S_{\text{л}} = \text{пол} K_{\text{л}}.$$

Начало или конец логарифмической шкалы движка установим над отсчетом 1,03 ($K_{\text{л}} = 1,03$) логарифмической шкалы корпуса линейки, а бегунок на отсчет 136 ($\text{пол} = 136$) по шкале движка и под ним по шкале корпуса читаем ответ

$$S_{\text{л}} = 140,1 \text{ мили.}$$

Если разность отсчетов лага содержит и десятые доли мили, то вначале выбирают плавания на целое число миль, а затем на десятые доли мили. При этом с десятными долями входят в таблицу как с целыми, но выбранный результат уменьшают в 10 раз.

Пример. $ол_1 = 35,8$; $ол_2 = 59,3$; $\Delta_l = -4\%$ ($K_l = 0,96$).

Рассчитать S_l , пользуясь МТ—75 и логарифмической линейкой.

Решение. $рол = ол_2 - ол_1 = 59,3 - 35,8 = 23,5 = 23 + 0,5$.

Тогда $S'_l = 22,1$, а $S''_l = 0,48 \approx 0,5$ и $S_l = S'_l + S''_l = 22,1 + 0,5 = 22,6$ мили.

При решении задачи на логарифмической линейке применим те же шкалы и ту же последовательность действий, что и в предыдущем примере, но начальную установку шкалы движка (отсчет 10) произведем над отсчетом 0,96 ($K_l = 0,96$) шкалы корпуса. Под визиром бегунка, установленного на отсчете $рол = 23,5$, прочтем по шкале корпуса ответ $S_l = 22,6$ мили.

Пользуясь таблицами МТ—75 и логарифмической линейкой, можно решить и еще одну задачу — определение Δ_l и K_l по известным S и $рол$.

Пример. Судно прошло $S = 46,0$ миль, при этом $рол = 43,0$.

Рассчитать K_l и Δ_l , пользуясь МТ—75 и логарифмической линейкой.

Решение. Так как пройденное судном расстояние больше $рол$, то ответ следует искать в таблице, где Δ_l положительная. Отыскиваем строчку $ол_2 - ол_1 = 43$ и, следя по ней, доходим до значения $S_l = 46,0$. В верхней строчке получаем ответ:

$$K_l = 1,07; \quad \Delta_l = +7\%.$$

Решение задачи на логарифмической линейке сведется к установлению отношения $\frac{S_l}{рол}$ на логарифмических шкалах движка (отсчет 43) и корпуса линейки (отсчет 46). Ответ читаем над началом (Δ_l положительная) или концом (Δ_l отрицательная) движка:

$$K_l = 1,07; \quad \Delta_l = +7\%.$$

§ 30. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СУДНА И ПОПРАВКИ ЛАГА

Как известно, скорость судна зависит от многих факторов и является величиной для данного судна постоянной лишь при строго определенных условиях. С изменением этих условий и в процессе эксплуатации скорость судна изменяется.

Этот вывод одинаково справедлив и для лагов, ибо даже у хорошо выверенного и отрегулированного лага постоянство поправки может быть нарушено целым рядом внешних причин (главная из них — износ деталей). Кроме того, поправка лага зависит от скорости и, естественно, изменяется в зависимости от изменившейся скорости судна.

Поэтому на каждом судне должны периодически определяться соответствие скорости хода числу оборотов гребных винтов и поправка лага.

Скорость судна и поправка лага определяются одновременно на специальном полигоне, называемом *мерной линией*.

Оборудование мерной линии обычно состоит из ведущего створа, по которому совершает пробег судно, и нескольких секущих створов, перпендикулярных к линии пробега (рис. 54). Иногда ведущий створ отсутствует, тогда вдоль линии пробега выставляют буи или вежи. Расстояния между секущими створами точно известны и указаны на карте, в лощиях или в специальных описаниях мерной линии.

Акватория мерной линии должна отвечать следующим требованиям.

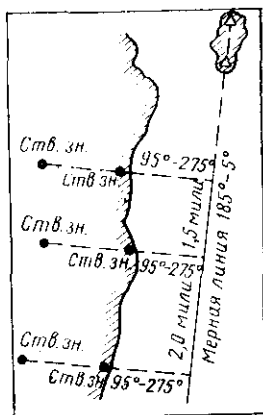


Рис. 54

1. Глубины в районе мерной линии должны быть достаточными, чтобы исключить влияние мелководья на определяемую скорость. Наименьшая глубина, допустимая для данного судна, определяется следующим соотношением: $\frac{h}{T} \geq 6$, где h — глубина моря; T — осадка судна.

2. Район мерной линии должен быть в достаточной степени защищен от ветра и волнения, которые могут оказать значительное влияние на точность определения скорости.

3. Течение в районе должно либо вообще отсутствовать, либо быть слабым и постоянным, совпадающим по возможности с линией пробега.

4. Длина пробега для скоростей до 18 уз должна быть 1—2 мили, а для скоростей больше 18 уз — 2—3 мили. При увеличении пробега возможно появление дополнительных ошибок за счет изменившихся во времени внешних условий (направление и скорость ветра, течение и т. д.). Оптимальные величины пробега для различных скоростей судна определяются из соотношения

$$S = \frac{V^2}{240}$$

При $V = 11$ уз $S = 0,5$ мили, $V = 15$ уз $S = 1,0$ мили, $V = 18$ уз $S = 1,5$ мили, при $V = 25$ уз $S = 2,6$ мили.

5. Ведущие, а особенно секущие створы, должны обладать высокой чувствительностью для точного определения моментов выхода судна на линию створа.

Скоростные испытания необходимо проводить дважды при загрузке судна в полном грузу и в балласте (так как скорость с изменением осадки судна изменяется) и для полного, среднего и малого ходов. Это дает возможность получить промежуточные скорости судна для различных осадок путем интерполяции по графикам или по таблицам.

Испытания должны проводиться при хорошей видимости, волнение моря и сила ветра не должны превышать 2—3 баллов, судно не должно иметь крена и дифферента, превышающих нормальные пределы.

Скорость судна V_d относительно воды будет соответствовать скорости V относительно грунта только в том случае, если в районе мерной линии полностью отсутствует всякое течение. И тогда для определения V_d (так как именно V_d определяет ходовые качества судна) достаточно было бы одного пробега. Однако в действительности таких идеальных условий в районе мерной линии не бывает.

При наличии постоянного течения V_T скорость V_d определилась бы как среднее из двух пробегов в прямом и обратном направлении. Но ожидать строго постоянного течения на протяжении всего периода скоростных испытаний также практически невозможно, ибо в любом районе моря всегда могут быть течения, изменяющиеся во времени.

Поэтому в практике судовождения в настоящее время определение скорости судна производится в основном на трех пробегах. Этот способ позволяет исключить из наблюдений влияние равномерно изменяющегося течения, которое встречается наиболее часто.

Перед выходом судна на мерную линию судоводителю необходимо: составить план работ на мерной линии; ознакомить с планом работ всех наблюдателей, участвующих в наблюдениях:

заготовить необходимые схемы для записей;

предупредить машинное отделение о необходимости строгого поддержания режима работы главных двигателей.

Скоростные испытания проводят специально проинструктированные наблюдатели:

наблюдатели на мостике (не менее трех) должны иметь бинокли и секундомеры, они следят за пересечением судном секущих створов и замечают моменты по секундомеру, при этом каждый наблюдатель, находясь постоянно на одном и том же месте, наблюдает и записывает моменты пересечения створов самостоятельно;

наблюдателя в штурманской рубке назначают для записей показаний счетчика пройденного расстояния лага в моменты пересечения судном секущих створов;

наблюдатель в машинном отделении записывает показания суммарного счетчика оборотов гребных винтов или показания тахометра.

До начала наблюдений судно должно развить назначенную скорость (работу на мерной линии рекомендуется начинать с полного хода) и по возможности точно удерживать ее в течение всего пробега.

С выходом судна на линию пробега руководитель работ подает команду: «Приготовиться к работе на первом пробеге». По этой команде все наблюдатели занимают свои места и окончательно готовятся к производству наблюдений.

При подходе к первому створу подается предварительная команда «Товсь!», по которой наблюдатели на мостике начинают внимательно следить за створом, наблюдатель в штурманской рубке — за счетчиком лага, наблюдатель в машинном отделении — за суммарным счетчиком оборотов гребных винтов или за показаниями тахометра.

В момент пересечения первого секущего створа руководитель подает команду «Ноль!» и запускает секундомер.

Наблюдатель в рубке по этой команде записывает отсчет лага $о_1$ и судовое время (отсчеты лага, если это возможно, берут с точностью до 0,01). Наблюдатель в машинном отделении записывает показания суммарного счетчика оборотов гребных винтов (если число оборотов гребных винтов измеряется по тахометру, то снимает отсчеты тахометра через каждую минуту). Наблюдатели на мостике самостоятельно замечают момент пересечения судном секущего створа и запускают свои секундомеры.

При подходе ко второму секущему створу опять подается команда «Товсь!» и в момент пересечения створа — «Ноль!».

По этой команде наблюдатель в рубке записывает отсчет лага $о_2$ и судовое время, а наблюдатель в машинном отделении — показания

суммарного счетчика оборотов. Наблюдатели на мостике замечают пересечение второго секущего створа и самостоятельно стопорят секундомеры.

Существует и другой способ взятия отсчетов лага, применяющийся при скоростях свыше 18 уз. В этом случае определяют лаговую скорость $V'_л$. Наблюдатель в рубке запускает свой секундомер не по команде «Ноль!», а тогда, когда после (или до) этой команды на счетчике лага будет показано ближайшее целое число миль и кабельтовых. Этот отсчет лага $ол_1$ записывается. С приходом на второй секущий створ запись отсчета лага $ол_2$ и остановка секундомера производятся опять же после (или до) команды «Ноль!», когда на счетчике лага будет вновь показано ближайшее целое число миль и кабельтовых. Данный способ более удобен и точен, так как отпадает необходимость во взятии отсчетов лага с точностью до 0,01 и исключается разновременность наблюдений, появляющаяся в связи с тем, что один наблюдатель следит за приходом судна на линию секущего створа, а второй замечает отсчет показаний лага.

После прохождения второго секущего створа судно отворачивает на 10—15° в сторону моря и этим курсом проходит 2—3 мили, чтобы, описав циркуляцию, вновь выйти на линию пробега и набрать до створа нужную скорость, потерянную во время поворота.

После поворота подается команда «Приготовиться к работе на втором пробеге!» и все наблюдения повторяются.

Аналогичные наблюдения проводятся и на третьем пробеге. На режимах среднего и малого ходов наблюдения повторяются полностью и в том же порядке. Затем приступают к обработке наблюдений, которую выполняют в следующей последовательности.

1. Рассчитывают наблюденные скорости на каждом пробеге по формуле

$$V_i = \frac{3600S}{t},$$

где S — длина пробега между секущими створами, мили;

t — время пробега между секущими створами (среднее из записей наблюдателей).

Если поправку лага вычисляют по лаговой скорости $V'_л$, то рассчитывают и лаговые скорости на каждом пробеге по формуле

$$V'_{л_i} = \frac{3600 \text{ пол}_i}{t},$$

где пол_i — разность отсчетов лага между моментами пересечения секущих створов (или между взятием отсчетов целого числа миль и кабельтовых).

В том случае, если лаговая скорость вычислялась по нескольким наблюдениям на одном пробеге, то для каждого наблюдения $V'_л$ рассчитывается по этой же формуле, а для пробегов в целом — по формуле

$$V'_{л_i} = \frac{V'_{л_1} + V'_{л_2} + \dots + V'_{л_n}}{n},$$

где n — число измерений лаговой скорости на данном пробеге.

2. Рассчитывают среднюю скорость для данного режима работы машин, которая и будет соответствовать истинной скорости судна по формуле

$$V = \frac{V_1 + 2V_2 + V_3}{4}. \quad (41)$$

3. Рассчитывают частота вращения гребных винтов в минуту на каждом пробеге

$$N_i = \frac{60(n_2 - n_1)}{t},$$

где n_1, n_2 — отсчеты суммарного счетчика оборотов гребных винтов в моменты пересечения первого и второго секущих створов;

t — время пробега между секущими створами, с.

Следует иметь в виду, что заметить отсчеты суммарного счетчика оборотов в моменты пересечения створов довольно трудно вследствие большой скорости изменения отсчетов. Поэтому чтобы избежать возможных ошибок, используют другой способ снятия отсчетов. После получения команды «Ноль!» наблюдатель у суммарного счетчика оборотов запускает секундомер в момент, когда появится отсчет, кратный 100. Когда отсчет суммарного счетчика изменится на 100, секундомер останавливают. Такие наблюдения повторяют до получения команды о пересечении второго секущего створа.

Частота вращения гребных винтов в минуту для каждого измерения в этом случае рассчитывают по формуле

$$N'_i = \frac{100 \times 60}{t} = \frac{6000}{t},$$

а затем для пробега по формуле

$$N_i = \frac{N'_1 + N'_2 + \dots + N'_n}{n},$$

где n — число измерений оборотов гребных винтов на данном пробеге.

Если частоту вращения гребных винтов определяли по тахометру, то берут среднее из отсчетов тахометра за время пробега между секущими створами.

4. Рассчитывают среднюю частоту вращения гребных винтов в минуту для заданного режима работы машин по формуле

$$N = \frac{N_1 + 2N_2 + N_3}{4}. \quad (42)$$

5. Рассчитывают поправку лага на каждом пробеге по формуле

$$\Delta l_i = \frac{S - \rho_{ол_i}}{\rho_{ол_i}} 100$$

или

$$\Delta \lambda_i = \frac{V - V'_{\lambda_i}}{V'_{\lambda_i}} \cdot 100.$$

6. Рассчитывают среднюю величину поправки лага и коэффициент лага для скорости данного режима работы машин по формулам:

$$\Delta \lambda = \frac{\Delta \lambda_1 + 2\Delta \lambda_2 + \Delta \lambda_3}{4}; \quad (43)$$

$$K_{\lambda} = 1 + \frac{\Delta \lambda}{100}.$$

7. По величинам $\Delta \lambda$ и V после их определения на всех режимах строят график и по нему составляют таблицу зависимости поправки лага от скорости судна, а по величинам V и N строят график и по нему составляют таблицу соответствия скорости числу оборотов гребных винтов. Образцы графиков и таблиц показаны на рис. 55, 56,

Таблица 4

Судно в грузу			Судно в балласте		
Скорость, уз	$\Delta \lambda$	K_{λ}	Скорость, уз	$\Delta \lambda$	K_{λ}
14,7	+2,4	1,02	15,3	+2,3	1,02
14	+2,2	1,02	15	+2,1	1,02
13	+1,8	1,02	14	+1,6	1,02
12	+1,3	1,01	13	+1,0	1,01
11	+0,8	1,01	12	+0,4	1,00
10	0,0	1,00	11	-0,4	1,00
9	-0,9	0,99	10	-1,2	0,99
8	-1,8	0,98	9	-2,0	0,98
7	-2,9	0,97	8	-2,9	0,97
6,8	-3,0	0,97	7,9	-3,0	0,97

Таблица 5

Судно в грузу		Судно в балласте	
Частота вращения винта, об/мин	Скорость, уз	Частота вращения винта, об/мин	Скорость, уз
170	14,7	170	15,3
160	14,0	160	14,8
150	13,3	150	14,2
140	12,6	140	13,5
130	11,8	130	12,7
120	11,0	120	12,0
110	10,2	110	11,2
100	9,4	100	10,4
90	8,6	90	9,6
80	7,7	80	8,7
70	6,8	70	7,9
60	6,0	60	7,0
50	5,2	50	6,2

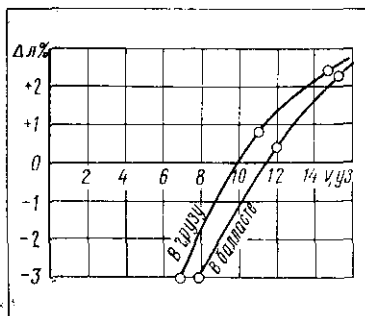


Рис. 55

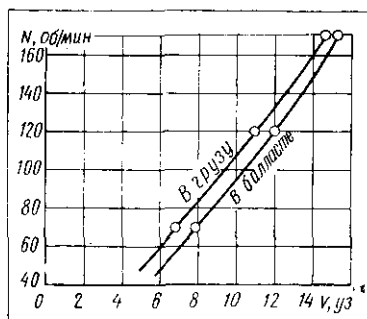


Рис. 56

в табл. 4. (поправки лага) и табл. 5 (соответствие скорости судна числу оборотов гребного винта).

Эти таблицы и графики для судна в полном грузу и в балласте включают в сводную Рабочую таблицу маневренных элементов судна, которую вывешивают на видном месте в штурманской рубке.

В заключение следует отметить, что поправку лага и скорость судна определяют на мерной линии периодически два-три раза в год, причем скорость определяют с точностью до 0,1 уз, а поправку лага — от $\pm 0,5$ до $\pm 1,0\%$.

Таблицы и графики зависимости поправки лага от скорости хода и соответствия скорости хода и оборотов гребного винта приведены в ранее указанных табл. 4 и 5 и рис. 55 и 56.

§ 31. ЛОТЫ

Глубина — один из важнейших навигационных элементов, отсутствие своевременной информации о котором, особенно при плавании в незнакомых районах, вблизи берегов, в узкостях или на мелководье, чревато самыми тяжелыми последствиями вплоть до посадки на грунт и гибели судна. Данные многолетней мировой статистики показывают, что ежегодно (в силу различного рода причин, в том числе и чисто штурманских просчетов) число посадок на грунт достигает 3—4% общей численности судов мирового флота.

Изучение и знание глубин в районе плавания является обязательным компонентом штурманской подготовки к предстоящему рейсу. Постоянный контроль за глубиной под килем судна Уставом службы на судах Министерства морского флота Союза ССР вменяется в обязанность и является предметом постоянной заботы вахтенного помощника капитана на ходу и стоянке судна.

Приборы, применяемые для измерения глубины моря, называются лотами. Одним из таких приборов, дошедшим до наших дней со времен глубокой древности, является ручной лот.

Ручной лот (рис. 57) применяют для измерения глубин моря до 50 м при стоянках на якорю, на ходу при скорости судна не выше 4—5 уз, для определения характера грунта на этих глубинах по взятым пробам, для обнаружения и определения величины и направления дрейфа при стоянке на якорю или в ледовых условиях плавания, при выходе из строя современных приборов определения глубины.

Ручной лот состоит из лотлиня (длиной не менее 52 м), к одному концу которого через проушину крепят свинцовую или

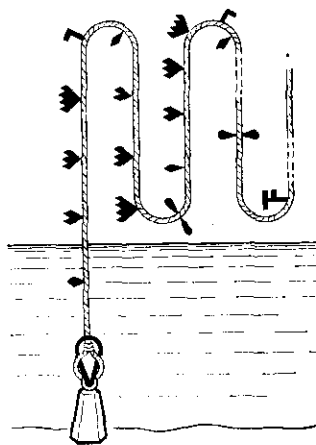


Рис. 57

чугунную гирию высотой около 30 см и массой от 3 до 5 кг. В нижнем основании гирии имеется углубление трапециевидальной формы. В него перед использованием лота вмазывается смесь сала с толченым мелом для удержания взятой пробы грунта. На расстоянии 2 — 3 м от гирии в лотлинь вплескивают деревянный колышек — клевант, служащий для бросания лота.

Лотлинь изготавливают из отбеленного пенькового линя толщиной 25 мм и размечают на деления от 1 до 50 м. Через каждые 10 м в лотлинь вплескивают кусочки цветной ткани — флагдухи: 10 м — красный, 20 — синий, 30 — белой, 40 — желтой, 50 м — бело-красной. Оставшиеся кратные пяти метрам разметки отмечают кожаной маркой с топориками: 5 м — с одним топориком, 15 — двумя, 25 — тремя, 35 — четырьмя, 45 м — с пятью. Каждый метр пятиметровой участка отмечают кожаными марками с зубцами: с одним зубцом — 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36, 41 и 46 м; двумя — 2, 7, 12, 17, 22, 27, 32, 37, 42, 47 м; тремя — 3, 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43, 48 м; четырьмя — 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39, 44, 49 м.

Для измерения глубины лотовый в одну руку с гирей набирает несколько шлагов лотлиня и, раскрутив гирию, бросает ее с наветренного борта вперед на ходу судна. Лотлинь пропускают через руки так, чтобы он стал вертикально в момент касания гирей дна. Для контроля лотовый делает несколько ударов гирей о грунт, после чего сообщает результат измерения глубины.

В настоящее время ручной лот используют в редких случаях. Современные суда для измерения глубины снабжены гидроакустическими лотами — *эхолотами*.

Принцип действия эхолота основан на излучении и последующем приеме отраженных от дна гидроакустических импульсов определенной длительности и частоты. Посылка и прием импульсов осуществляется вибратором, установленным в днище судна. Отраженный импульс поступает в счетно-решающее устройство, которое по разности времени посылки и прихода гидроакустического импульса вырабатывает величину измеренной глубины. Результаты измерений отражаются на индикаторе или самописце эхолота в штурманской рубке, либо на ходовом мостике судна. Современные эхолоты без ограничения скорости в любых условиях плавания измеряют глубины с высокой точностью и в больших пределах — от сантиметров до нескольких тысяч метров.

Отечественная промышленность выпускает несколько типов эхолотов: навигационные (типа НЭЛ), глубоководные (типа ГЭЛ), промысловые (типа ПЭЛ) и целый ряд других специальных.

§ 32. ПРОКЛАДОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Для графических построений на картах и планшетах судоводитель использует комплект прокладочного инструмента (рис. 58).

Навигационный транспортир служит (см. рис. 58, а) для прокладывания и измерения на карте заданных курсов и пеленгов. Отечествен-

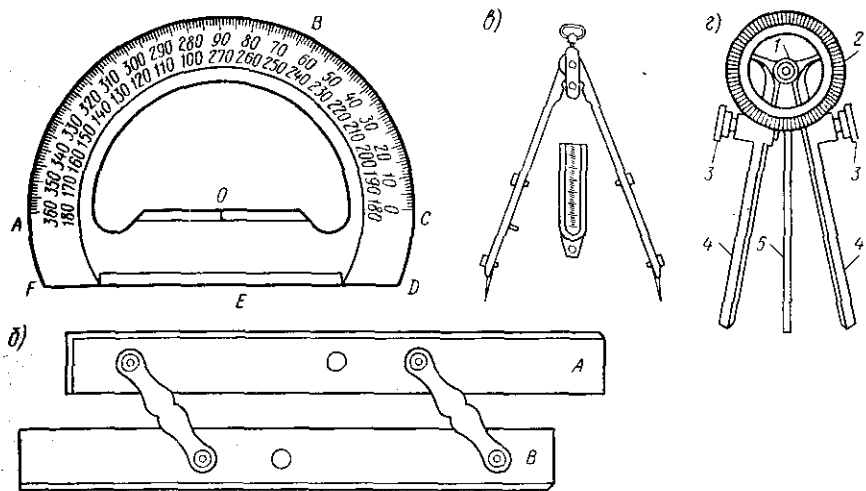


Рис. 58

венные транспортиры изготовляют из никелированной латуни. Они представляют собой полукруг ABC с линейкой FED внизу. Верхний срез линейки отмечен вырезом O , так называемым центральным штрихом, который точно совпадает с центром полукруга. На нижнем срезе винтами укреплен бортик для удобства работы транспортира с параллельной линейкой.

Внешний срез дуги ABC транспортира проградуирован штрихами через градус. Штрихи, отмечающие пятиградусные деления, удлинены. Штрихи десятков градусов отмечены цифрами, причем цифры показаны для прямого и обратного направлений. В общем случае верхний ряд цифр от всех точек между точками A, B, C соответствует направлениям северной части картушки, а нижний — южной ее части.

Для того чтобы с помощью транспортира проложить на карте линию, составляющую с меридианом заданный угол, необходимо так положить на карту транспортир, чтобы с линией меридиана одновременно совпадали и центральный штрих O линейки транспортира и штрих дуги транспортира, обозначающий заданное число градусов. В этом случае линия, прочерченная вдоль нижнего среза линейки или по срезу приложенной к транспортиру параллельной линейки, даст нужное направление (прямое или обратное).

Для того чтобы определить направление уже проложенной на карте линии, достаточно приложить к ней транспортир нижним срезом линейки и сдвигать его к ближайшему меридиану до тех пор, пока центральный штрих O не совпадет с меридианом. Тогда деление дуги транспортира, совмещенное с тем же меридианом, укажет искомое направление. Если проложенная линия не пересекает меридиан, то к ней надо приложить параллельную линейку, а по линейке передвигать транспортир до пересечения центрального штриха с ближайшим меридианом.

Так как прокладка направлений, близких к 0 и 180°, с помощью транспортира несколько затруднительна, то эти направления могут быть более точно проложены от параллели, а не от меридиана, с исправлением заданного направления на величину $\pm 90^\circ$.

Исправный транспортир должен удовлетворять следующие требования:

дуга транспортира не должна быть искривлена или изогнута, центральный штрих должен точно совпадать с центром этой дуги;

дуга транспортира не должна иметь вмятин и зазубрин, т. е. все деления транспортира должны быть одинаковой величины.

Для проверки окружности дуги транспортира следует положить транспортир на лист чистой бумаги, отметить хорошо заточенным карандашом точки 360°, 90°, 0°, 0 и провести линию по дуге транспортира. Убрав затем транспортир, провести из центра (точка 0) циркулем окружность радиусом, равным радиусу внешней дуги транспортира. Несовпадение проведенных таким образом дуг не должно превышать 0,5 мм. Транспортир, не удовлетворяющий данные условия, не пригоден к работе.

Для проверки одинаковости делений транспортира необходимо на листе бумаги отложить карандашом по внешней дуге транспортира точки через 15—20°. Измеряя миллиметровой линейкой расстояния между нанесенными точками в разных местах транспортира, необходимо убедиться, что все расстояния между собой равны. Допустимая неточность не должна превышать 0,2 мм. Если неточность превышает указанную, транспортир необходимо заменить.

Некоторые иностранные фирмы выпускают целлулоидные, роговые или пластмассовые прозрачные транспортиры. Преимущество их заключается в том, что через такой транспортир хорошо просматривается вся обстановка на карте. Недостатком их является малая масса, из-за чего легко может быть сбита установка транспортира при прикладывании к нему линейки.

Параллельная линейка (рис. 58, б) служит для проведения на карте прямых линий заданного направления, а также линий, параллельных заданному направлению.

Отечественная промышленность изготавливает параллельные линейки трех видов: большая — длиной 60 см, средняя — длиной 45 см, малая — длиной 30 см. Каждая линейка состоит из двух частей (половин) А и В, соединенных между собой двумя равной длины тягами на шарнирах.

Для определения направления проложенной на карте линии к ней прикладывают линейку и измеряют транспортиром угол ее пересечения с меридианом.

Для проведения направления от заданной точки на карте линейку со сложенными половинками вначале укладывают при помощи транспортира по этому направлению вблизи ближайшего меридиана, а затем рукой плотно прижимают одну из ее частей, в то время как другую часть осторожно отодвигают до тех пор, пока наружный срез линейки не подойдет к заданной точке. Следует избегать переноса заданных направлений на большие расстояния, так как лишнее пере-

движение линейки увеличивает ошибки в перенесенном направлении.

Исправная параллельная линейка должна удовлетворять следующие требования:

нижняя часть должна быть плоской;

срезы линейки должны быть строго прямолинейны и параллельны;

части линейки должны раздвигаться плавно, но без излишней слабости и заеданий.

Плоскость нижней части линейки проверяется на гладкой доске или гладком стекле. Между доской и линейкой не должно быть просветов. Если они есть, то необходимо их устранить с помощью наждачной бумаги или, если это невозможно, заменить линейку.

Прямолинейность среза линейки проверяют следующим образом: кладут линейку на лист бумаги и прочерчивают вдоль ее среза четкую линию остро отточенным карандашом. Поворачивают линейку на 180° и прикладывают ее тем же срезом с другой стороны прочерченной линии. Если срез линейки прямолинеен, то он и при новом положении линейки будет совпадать с прочерченной линией, если криволинеен, то между ними будут наблюдаться или просвет, или перекрыш.

Величины просвета или перекрыша не должны превышать 0,5 мм для больших и 0,3 мм для малых линейек. Если просвет или перекрыш больше допустимых пределов, то их необходимо устранить с помощью наждачной бумаги или какими-либо другими способами. В противном случае линейка подлежит замене.

Параллельность срезов линейки можно проверить на карте с помощью транспортира. С этой целью линейку кладут на карту под каким-нибудь углом к меридиану и прочерчивают линии вдоль ее обоих срезов. Затем измеряют полученные углы транспортиром. При параллельности срезов углы должны быть равны. Несовпадение величин измеренных углов более $0,2^\circ$ недопустимо. Непараллельность срезов линейки должна быть устранена всеми возможными способами. Если это невозможно, то линейка должна быть заменена.

Плавный ход линейки может быть отрегулирован с помощью шарниров.

Отдельные иностранные фирмы выпускают целлулоидные или пластмассовые прозрачные параллельные линейки. На некоторых из них нанесены градусные деления на внешних срезах. Это позволяет использовать такую линейку без транспортира.

Измерительный циркуль (рис. 58, в) применяют для измерения и откладывания расстояний на карте. Он состоит из двух ножек, соединенных вилкой с крепежными винтами. Ножки циркуля оканчиваются двумя съемными стальными иголками, удерживаемыми на месте зажимными винтами. Иголки имеют достаточную длину, позволяющую в случае их поломки отточить и выдвинуть иголки до нужного положения. Одна из ножек циркуля снабжена штифтом, который при складывании циркуля предохраняет концы иголок от излишнего нажима. К циркулю прилагаются запасные иголки, помещающиеся в специальных углублениях на внутренних гранях ножек, предохранительный колпачок, на одной из сторон которого нанесены миллимет-

ровые деления, а его конец служит отверткой для винтов циркуля, и специальный чехол для хранения.

На некоторых судах имеются измерительные циркули других конструкций, изготовленные иностранными фирмами. Однако наибольшее распространение получил описанный отечественный циркуль.

Исправный циркуль-измеритель должен удовлетворять следующие требования:

острие обеих сдвинутых ножек должно плотно сходиться друг с другом и давать на бумаге укол в одной точке размером не более 0,2 мм;

ножки циркуля должны раздвигаться и сдвигаться плавно, но и без излишней слабину.

Работать с циркулем удобнее одной рукой. Измеряя или откладывая на карте расстояния, раздвигают ножки циркуля так, чтобы острие одной ножки совпало с началом, а острие другой — с концом измеряемой линии. Для снятия измеренного расстояния прикладывают, не изменяя его раствора, циркуль в вертикальной рамке карты в той же широте, в которой лежит измеряемое расстояние, и подсчитывают число миль, уместяющееся между остриями ножек.

Не следует допускать сильных нажимов циркулем на карту во избежание ее проколов, не следует раздвигать ножки циркуля более чем на прямой угол: при больших растворах циркуль легко может соскользнуть и порвать карту.

Чертежный циркуль с карандашом применяют для откладывания расстояний в виде дуг окружностей. Однако его ножка имеет стальную иголку, а вторая снабжена специальным держателем с обоймой, в которой закрепляется карандаш. Держатель закрепляется к ножке винтом.

Протрактор (рис. 58, г) предназначен для нанесения на карту места судна, определенного по двум горизонтальным углам. Он состоит из неподвижного, разбитого штрихами на градусы, лимба 2 и трех линеек. Центральная линейка 5 — неподвижная, в то время как боковые линейки 4 могут вращаться вокруг общей оси, проходящей через центр прибора (цилиндра) 1 и могут быть установлены на заданные углы по отношению к средней линейке. По внешнему кругу лимба нанесена винтовая нарезка, в которую упираются червячные винты 3 кронштейнов боковых линеек. Кронштейны имеют обоймы, скользящие по внешнему кругу лимба. На червячные винты насажены отсчетные барабаны, с помощью которых можно производить точную установку отсчетов измеренных углов. На верхних гранях боковых линеек укреплены разобщающие устройства для свободного вращения боковых линеек вокруг лимба, состоящие из тяг, пружин и ручек. Надеваемый на цилиндр фиксатор со спиральной пружиной служит для накола полученной точки на карту. К протрактору прилагаются еще удлинительные линейки, которые закрепляются к нему специальными винтами.

Устанавливают боковые линейки протрактора на заданные углы вначале приближенной установкой с помощью разобщающих устройств, а затем с помощью отсчетных барабанов с точностью до 1'.

Исправный протрактор должен удовлетворять следующие требования:

срезы всех линеек должны быть строго прямолинейны; точка пересечения направления рабочих срезов всех линеек должна совпадать с центром прибора.

Прямолинейность срезов проверяется так же, как и у параллельных линеек.

Для проверки второго требования необходимо положить протрактор на лист чистой бумаги и провести линии через срезы всех линеек. Затем сделать накол фиксатором и соединить проведенные линии. При получении треугольников в пересечении проверенных линий или при несовпадении центра их пересечения с центром протрактора следует измерить расстояния от центра протрактора до точки пересечения прямых или до дальней вершины полученного треугольника. Если это расстояние превышает 0,5 мм, то протрактором пользоваться не следует.

Протрактор позволяет нанести место судна с большой точностью, что является большим достоинством этого прибора. Однако он имеет и существенные недостатки: громоздкость и значительную массу, при малых расстояниях до предметов протрактором пользоваться невозможно, так как его лимб будет закрывать изображение предметов.

§ 33. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ

Для плавания наимыгоднейшим путем судоводителю необходимо знать реальную обстановку в этом районе, т. е. взаимное расположение пунктов отхода и прихода, глубины и навигационные опасности, средства навигационного оборудования и т. п. Казалось бы, что наиболее удобно использовать для этой цели глобус, на котором нанесена вся подобная информация. Однако если на глобусе изображать одну морскую милю длиной в 5 мм, то радиус такого глобуса составит 17,2 м. Тем не менее, точность даже столь огромного глобуса для некоторых целей судовождения будет не всегда достаточной, а из-за размеров он непригоден к использованию в судовых условиях. Поэтому еще с древних времен моряки стали пользоваться географическими картами.

Картография — наука о составлении, производстве и использовании карт и планов. Но карта — это плоскость, а изобразить на плоскости поверхность земного сфероида без разрывов и складок невозможно. Потому любая карта земной поверхности будет иметь искажения того или иного характера, но картография эти искажения подчиняет строго определенному математическому закону. Плоское и искаженное изображение поверхности Земли или ее частей, на котором искажения подчинены определенному математическому закону, называется картой.

Изобразить сферическую поверхность на плоскости можно различными способами. Все они сводятся к вычерчиванию на плоскости сетки прямых или кривых линий, изображающих параллели и меридианы.

Действительно, если положение любой точки на земной поверхности определяется ее географическими координатами — широтой и долготой, то и положение точки на плоскости также должно определяться пересечением каких-то координатных линий, которые соответствуют координатным линиям на Земле. Способ, примененный для условного изображения параллелей и меридианов, подчиненный определенному математическому закону, называется картографической проекцией.

Совокупность линий, изображающих параллели и меридианы на карте, называется картографической сеткой.

Каждый способ проектирования земной поверхности на плоскость имеет свои достоинства и недостатки. На картографической проекции, сохраняющей подобие углов, а следовательно, и очертаний фигур,

будут искажены отношения площадей фигур. Если же сохранить отношения площадей, то будут искажены углы и очертания фигур. Однако небольшие участки земной поверхности, пренебрегая искажениями, можно изобразить на плоскости, сохранив и подобие углов, и отношения площадей. Плоское изображение небольшого участка земной поверхности, на котором искажениями можно пренебречь, называется планом.

Планы, как правило, составляют без всяких проекций путем непосредственной съемки местности. На них наносят все подробности участка. Используются планы при входах в порты, гавани, бухты, узкости, т. е. там, где стесненные условия плавания или другие причины вынуждают судоводителя вести учет движения судна с повышенной точностью.

§ 34. КЛАССИФИКАЦИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИИ

По свойству изображений и характеру искажений картографические проекции бывают равноугольные, равновеликие, или эквивалентные, и произвольные.

Равноугольные проекции сохраняют подобие малых фигур на карте соответствующим фигурам на поверхности Земли. В таких проекциях углы на карте между какими-либо направлениями равны углам на местности между теми же направлениями. Они дают правильное представление о форме участков земной поверхности, но линейные размеры фигур на них искажены. Так, если взять на земной поверхности в различных ее местах два одинаковых контура, то на карте они изобразятся подобными контурами, но с различными размерами.

Равновеликие, или равноплощадные, проекции — это проекции, сохраняющие пропорциональность площадей фигур на карте и на местности, т. е. равным площадям на местности будут соответствовать равные площади на карте. Если взять два участка на земной поверхности, площадь первого из которых в три раза больше, чем площадь второго, то и на карте изображение площади первого участка окажется в три раза большим. Однако в равновеликой проекции не сохраняется подобие фигур, так как не сохраняется равенство углов. Остров, имеющий круглую форму на поверхности Земли, на такой проекции изобразится равновеликим ему эллипсом. Размеры участков на Земле на сохранение пропорциональности влияния не оказывают. На картах, составленных в равновеликой проекции, можно измерять площади и сравнивать их между собой.

Произвольные проекции не сохраняют ни равенство углов, ни пропорциональность площадей, но каждая из них обладает особыми свойствами, необходимыми для выполнения специальных задач.

По способу построения картографической сетки проекции подразделяются на азимутальные, конические, цилиндрические и условные.

Азимутальные проекции — это проекции, в которых земную поверхность проектируют на касательную к ней плоскость, называемую картинной (рис. 59). Точка касания P_N — центральная точка проек-

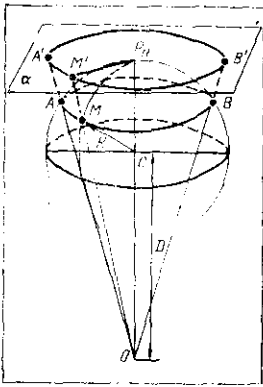


Рис. 59

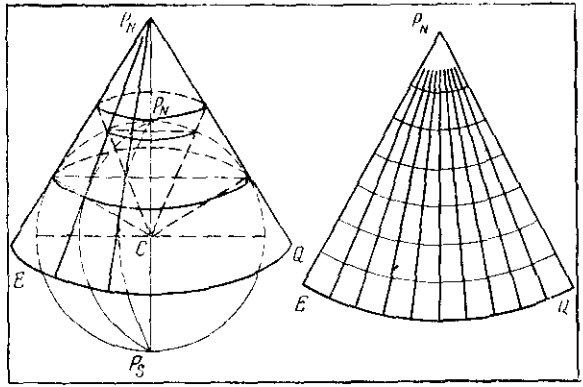


Рис. 60

ций; точка O , из которой производится проектирование — это точка зрения. Если O находится на основном диаметре или его продолжении, перпендикулярном картинной плоскости, то получаются перспективные азимутальные проекции. Перспективные азимутальные проекции в зависимости от положения точки зрения O на основном диаметре или его продолжении подразделяются на:

ортографические — точка зрения O удалена от центра сферы C на расстояние D , равное бесконечности;

внешние — точка зрения O удалена от центра сферы C на конечном удалении. На рис. 59 показан метод проектирования для получения такой проекции. Параллель и меридиан точки M будут спроектированы лучами из точки O на плоскость α и образуют на ней перспективную внешнюю азимутальную проекцию параллели и меридиана точки M (окружность $A'M'B'$ и прямая $M'P_N$);

стереографические — точка зрения O расположена на антиподе точки касания картинной плоскости, т. е. $D = 2R$;

центральные, или гномонические, — точка зрения O находится в центре Земли.

Все перечисленные виды перспективных проекций различаются также в зависимости от направления основного диаметра:

полярная, или нормальная, — основной диаметр совпадает с осью вращения Земли; в этом случае картинная плоскость параллельна плоскости экватора;

экваториальная, или поперечная, — основной диаметр лежит в плоскости экватора, картинная плоскость параллельна оси вращения Земли;

горизонтальная, или косая, — основной диаметр проходит под углом к оси вращения Земли.

В азимутальных проекциях очень многое зависит от того, какими радиусами проводятся параллели картографической сетки. Задаваясь той или иной зависимостью для величины радиусов, можно получить различные азимутальные проекции, удовлетворяющие либо условию равноугольности, либо условию равновеликости.

В азимутальных неперспективных проекциях построение меридианов и параллелей ведется не проектированием, а по особым правилам, которые удовлетворяют специальные условия.

Конические проекции — это проекции, в которых картографическую сетку получают путем проектирования координатных линий земного сфероида на боковую поверхность касательного или секущего конуса с последующей разверткой этой поверхности в плоскость (рис. 60). Меридианы такой проекции представляют собой радиальные прямые, исходящие из одной точки, а параллели — концентрические дуги окружностей, радиус которых зависит от широты данной параллели.

В зависимости от угла, составленного осью конуса и осью вращения Земли, конические проекции подразделяются на нормальные — ось конуса совпадает с осью вращения Земли; поперечные — ось конуса перпендикулярна оси вращения Земли; косые — ось конуса составляет с осью вращения Земли некоторый угол от 0 до 90°.

Цилиндрические проекции — это проекции, в которых картографическую сетку получают путем проектирования по определенному закону координатных линий земного сфероида на боковую поверхность касательного или секущего цилиндра с последующей разверткой этой поверхности в плоскость (рис. 61).

В зависимости от угла, составленного осью цилиндра и осью вращения Земли, цилиндрические проекции подразделяются на:

нормальные — ось цилиндра совпадает с осью вращения земного сфероида, а сам цилиндр касается сфероида по экватору или сечет его по одной из параллелей. В этой проекции все меридианы — прямые линии, параллельные между собой и перпендикулярные экватору, а все параллели перпендикулярны меридиану и параллельны экватору. В зависимости от того, каким выбран закон проектирования, нормальная цилиндрическая проекция может быть равноугольной

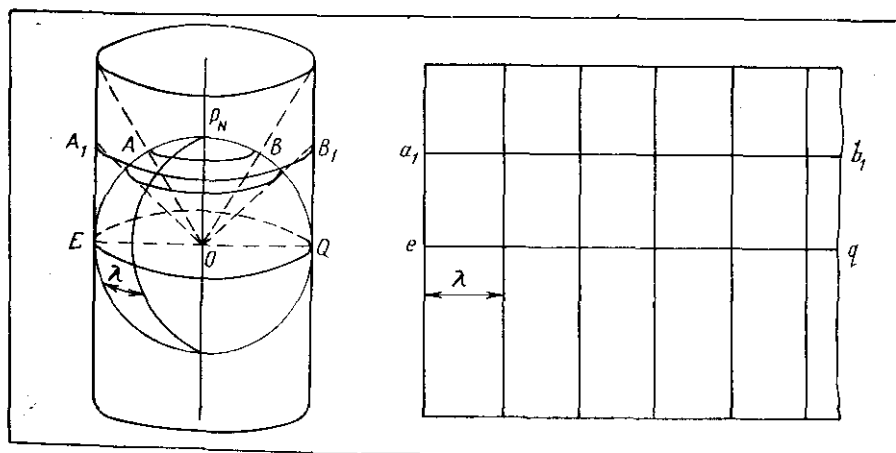


Рис. 61

или равновеликой, или произвольной. Однако на построенной таким образом проекции нельзя изобразить земные полюсы и чрезвычайно затруднительно изобразить области, расположенные в широтах свыше 85° . Равноугольная нормальная цилиндрическая проекция применяется для построения большинства морских карт;

поперечные — ось цилиндра параллельна плоскости земного экватора;

косые — ось цилиндра составляет с осью вращения земного сфероида произвольный угол, отличный от 0 и 90° .

Условные проекции — по способу построения картографической сетки отличаются от названных. Их строят для определенных целей и таким образом, чтобы удовлетворять поставленным условиям. Подобных проекций может быть бесконечное множество.

§ 35. МАСШТАБЫ КАРТ.

ПРЕДЕЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ МАСШТАБА

Части земной поверхности изображаются на картах и планах с заранее заданным уменьшением. Степень уменьшения изображенных на карте размеров земной поверхности называется *масштабом*. Масштаб карты определяется отношением длины расстояния между двумя точками на карте к действительному горизонтальному расстоянию между теми же точками на местности, причем оба расстояния должны быть выражены в одних и тех же единицах. Существует несколько видов масштабов, основные из которых численный и линейный.

Численный масштаб представляет собой дробь, числитель которой единица, а знаменатель — число, показывающее, скольким единицам длины на местности равна одна единица длины на карте или плане. Если указано, что масштаб в данной точке карты равен $1 : 100\,000$, то это значит, что 1 см на карте в этом районе соответствует расстоянию на местности, равное $100\,000$ см. Если знаменатель численного масштаба выражается большим числом, например $1 : 5\,000\,000$, то такой масштаб называется мелким, если знаменатель численного масштаба выражается небольшим числом, например $1 : 10\,000$, то такой масштаб называют крупным. В зависимости от величины знаменателя масштаба морские карты условно подразделяются на мелкомасштабные и крупномасштабные.

Численный масштаб достаточно просто позволяет решить основную задачу: зная расстояние на карте, можно вычислить горизонтальное расстояние между этими же точками на местности.

Примеры. 1. Численный масштаб участка карты равен $1 : 200\,000$. Расстояние между двумя точками на карте 5 см. Определить расстояние между этими же точками на местности, выраженное в морских милях.

Решение. Расстояние между точками на местности будет

$$5 \times 200\,000 = 1\,000\,000 \text{ см.}$$

Известно, что морская миля равна $1852 \text{ м} = 185\,200 \text{ см}$, поэтому в $1\,000\,000$ см будет

$$\frac{1\,000\,000}{185\,200} = 5,4 \text{ мили.}$$

2. Численный масштаб участка карты равен 1 : 500 000. Расстояние между точками на местности равно 5,4 мили. Определить расстояние между этими же точками на карте, выраженное в сантиметрах.

Решение. Так как расстояние между точками на участке карты требуется выразить в сантиметрах, то и расстояние на местности между этими же точками, выраженное в милях; необходимо выразить в сантиметрах.

$$5,4 \times 185\,200 \text{ см} = 1\,000\,000 \text{ см.}$$

Разделим расстояние на местности, выраженное в сантиметрах, на знаменатель масштаба и получим ответ

$$\frac{1\,000\,000 \text{ см}}{500\,000} = 2 \text{ см.}$$

Линейный масштаб представляет собой графическое или числовое соответствие числа крупных единиц на местности числу мелких на карте.

В первом случае линейный масштаб изображается прямой линией (на морских картах обычно его наносят на вертикальной рамке карты), разбитой на мелкие деления выбранной длины. На отметках делений надписывают числа крупных единиц длины, в которых измеряется расстояние на местности. Часто мелкие деления на карте в свою очередь делят еще на части для снятия более точных отсчетов.

При числовом задании линейного масштаба соответствие числа единиц на местности числу мелких единиц на карте определяется выражением, например, «2 мили в 1 см» или «3 км в 1 см».

Переход от численного масштаба к линейному осуществляется простым пересчетом мер длины. Чтобы перейти от численного масштаба к линейному, надо знаменатель численного масштаба разделить на 185 200 и полученный результат укажет количество миль и долей мили в 1 см.

Примеры. 1. Численный масштаб карты 1 : 1 000 000. Найти соответствующий линейный масштаб, выраженный милями в сантиметре.

Решение.

$$\frac{1\,000\,000}{185\,200} = 5,4, \text{ т. е. линейный масштаб равен } 5,4 \text{ мили в } 1 \text{ см.}$$

Чтобы перейти от линейного масштаба к численному, надо число миль линейного масштаба, содержащихся в 1 см, умножить на 185 200 и полученный результат даст знаменатель численного масштаба.

2. Линейный масштаб карты равен 1,08 мили в 1 см. Найти численный масштаб карты.

Решение.

$185\,200 \times 1,08 = 200\,000$. Следовательно, численный масштаб данной карты равен 1 : 200 000.

Как известно, значительный участок земного сфероида нельзя развернуть в плоскость без искажений, поэтому степень уменьшения изображения в различных местах проекции будет различной. Следовательно, масштаб на карте не остается постоянным, а непрерывно изменяется при переходе от одной точки к другой. В связи с этим различают два масштаба — главный и частный.

Главный масштаб на морских картах, выполненных в равноугольной цилиндрической проекции, — это масштаб той параллели, которая выбрана основной для всех картографических проекций данного района. При построении морских карт выбраны следующие стандартные главные параллели: для Белого моря и мурманского побережья $\varphi = 69^\circ$, для Балтийского моря — 60° , для Черного и Азовского — 44° , Каспийского — 42° , Японского — 40° и т. д.

Эта главная параллель указывается в заголовке карты. По ней дается и главный масштаб карты. Однако на других параллелях масштаб вследствие искажений, присущих данной проекции, будет уже другим. Этот масштаб называется частным, величина его изменчивости служит характеристикой искажений, получающихся на данной картографической проекции.

Отношение частного масштаба в данной точке по данному направлению к главному называется модулем масштаба.

Существуют карты, у которых главная параллель находится за пределами рамки карты, хотя она и указана в заголовке. Такая система привязки карт к главной параллели данного района при стандартизированных масштабах позволяет соединить или даже склеивать вместе несколько карт одной коллекции, так как в одних и тех же широтах их частные масштабы будут совпадать. Благодаря этому облегчается и перенос места судна с одной карты на другую.

От масштабов карт и планов в большой степени зависит точность решения графических задач. Естественно, чем крупнее масштаб, тем с большей степенью подробности и точности нанесена на карту или план навигационная обстановка (глубины, навигационное оборудование, рельеф местности и т. д.). Кроме того, на картах крупного масштаба одним и тем же единицам длины карты соответствуют меньшие расстояния на местности. А это позволяет измерять на крупномасштабных картах расстояния и направления с большей степенью точности.

Предельная точность масштаба — это наименьшее расстояние на местности, которое может быть измерено по карте.

Установлено, что люди с нормальным зрением в состоянии различать без увеличения предельную длину 0,2 мм — это укол ножки циркуля или тонко очиненного карандаша. Следовательно, эта величина и будет определять предельную точность масштаба любой карты.

Для определения предельной точности масштаба данной карты надо знаменатель численного масштаба, выраженный в сантиметрах, умножить на 0,02 см (0,2 мм) и результат перевести в метры или другие необходимые единицы длины. Однако проще использовать следующее правило: в знаменателе численного масштаба отделить запятой последние четыре цифры и удвоить полученное число. Ответ получается в метрах.

Пример. Численный масштаб карты равен 1 : 200 000. Определить предельную точность масштаба.

Решение. Знаменатель масштаба карты без четырех последних цифр равен 20

$$20 \times 2 = 40 \text{ м.}$$

Предельная точность масштаба равна 40 м.

При наличии линейного масштаба предельную точность масштаба можно вычислить, пользуясь правилом: количество миль, соответствующее 1 см карты, разделить на 50. Ответ получается в милях.

Пример. Линейный масштаб карты равен 3 мили в 1 см. Найти предельную точность масштаба.

Решение. $\frac{3}{50} = 0,06$ мили = 0,6 км = 111 м.

§ 36. ПОНЯТИЕ О ЛОКСОДРОМИИ И ОРТОДРОМИИ

Если судно идет постоянным курсом, перемещаясь от точки *A* к точке *B*, то оно будет пересекать все меридианы под одним и тем же углом. Если нанести такую линию на глобус для произвольно выбранного курса, например 50° (рис. 62), то окажется, что она бесконечное количество раз будет опоясывать земной шар и спиралеобразно приближаться к полюсу, однако никогда его не достигнет.

Эта кривая двойкой кривизны получила название *локсодромии* (в переводе с греческого — «кривой бег»).

Проследим расположение локсодромии на земном шаре в зависимости от некоторых курсов.

Пусть судно движется курсом 0 или 180° . Так как диаметральной плоскости судна на этих курсах всегда совпадает с меридианом, то и линия его перемещения будет также совпадать с ним. Из этого следует, что в этом случае локсодромия обращается в меридиан.

Пусть теперь судно движется истинным курсом 90 или 270° . При этом его диаметральная плоскость, а следовательно, и линия перемещения пересекает все меридианы под углом 90 или 270° . Под такими же углами пересекает все меридианы и любая параллель. А это означает, что при плавании судна курсами 90 или 270° локсодромия обращается в параллель. В случае, когда $\varphi_1 = 0$ и $\varphi_2 = 0$, локсодромия совпадает с экватором.

Плавание судна одним и тем же курсом по локсодромии очень удобно, так как при этом упрощаются все расчеты, связанные с переходом. Недостатком является то, что локсодромия не представляет собой кратчайшего расстояния между двумя пунктами на земной поверхности. Следуя по локсодромии, судно всегда проходит лишнее расстояние.

Кратчайшим расстоянием между двумя точками на поверхности Земли, если принять ее за шар, является дуга большого круга, про-

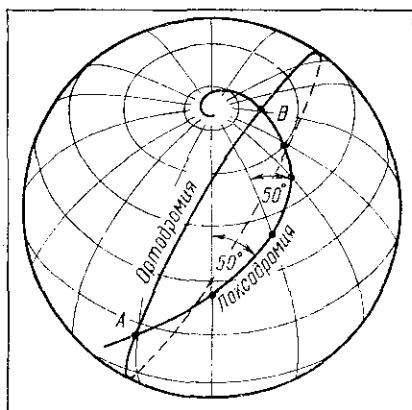


Рис. 62

ходящая через эти точки — это ортодромия (в переводе с греческого — «прямой бег»). Однако ортодромия пересекает меридианы под разными углами, за исключением экватора, где она совпадает с локсодромией и пересекает все меридианы под углом 90° . Каждый меридиан также является одновременно и локсодромией, и ортодромией.

Плавание по ортодромии (за исключением последних частных случаев) требует дополнительных вычислений положения самой ортодромии на земной поверхности и пересчета курсов, поэтому к плаванию по ортодромии прибегают только в случаях больших океанских переходов (тысячи миль).

§ 37. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МОРСКОЙ НАВИГАЦИОННОЙ КАРТЕ

Морские навигационные карты предназначаются для ведения на них графического учета движения судна. С этой целью на картах прокладываются курсы и путь судна, а также пеленги на различные предметы.

Совершенно ясно, что и курсы, и пеленги легче всего изображать прямой линией, как наиболее простой, нанесение которой на карту не требует сложных инструментов. Чрезвычайно важно и то обстоятельство, что любое направление на поверхности Земли определяется как угол между меридианом и выбранным направлением. Следовательно, и углы на картографической проекции должны измеряться таким же образом, причем углы на местности должны быть равны углам на проекции.

Перемещение судна определяется не только направлением его движения, но и пройденным расстоянием. Отрезки этого расстояния будут безусловно определяться масштабом проекции. Чем меньше изменяется масштаб карты на всем ее протяжении, тем легче измерять на ней отдельные отрезки плавания и расстояния. В то время как значительное изменение масштаба приведет к существенному осложнению решения этих задач.

В связи с этим к морским навигационным картам предъявляют следующие требования.

1. Линия пути судна, идущего постоянным курсом, должна изображаться на морской карте прямой линией, следовательно, все меридианы и параллели на ней необходимо иметь взаимно параллельными, ибо прямая линия, изображающая постоянный путь судна, должна пересекать их под одним и тем же углом. Выполнение условия параллельности меридианов и параллелей можно получить лишь с помощью цилиндрической проекции.

2. Углы на морской карте должны быть равны соответствующим углам на земной поверхности, т. е. проекция должна быть равноугольной, при которой форма фигур на местности соответствует форме фигур на карте. Это же облегчит опознание берега по его изображению на карте.

3. Масштаб на карте должен изменяться в возможных малых пределах.

Такую проекцию, в достаточной степени удовлетворяющую перечисленным требованиям, в 1569 г. предложил голландский картограф Герард Кремер, известный более под именем Меркатора. Поэтому проекция, предложенная им, получила название меркаторской.

Меркаторская проекция нашла широкое применение в судождении, и в настоящее время навигационные карты во всех странах мира строятся в основном в этой проекции.

§ 38. МЕРКАТОРСКАЯ ПРОЕКЦИЯ

Представим себе земной шар или глобус с нанесенными на него линиями меридианов и параллелей. Обернем его бумажным цилиндром, ось которого совпадает с земной. Естественно, что такой цилиндр будет касаться земного шара только по экватору (рис. 63).

Для получения меркаторской проекции необходимо спроектировать меридианы и параллели земного шара на внутреннюю поверхность этого касательного цилиндра. Проектирование произведем следующим образом. Разрежем меридианы в полюсах P_N и P_S и будем выпрямлять их, не выводя из этой плоскости, в которой они находятся, до тех пор, пока по всей своей длине они не расположатся на внутренней поверхности цилиндра. При этом длина меридианов не изменится и они станут параллельными друг другу.

В результате таких действий каждая параллель будет тоже доведена до внутренней поверхности цилиндра, но параллели растянутся и станут по длине равными экватору и параллельными ему. Параллели, близкие к экватору, растянутся немного, но с увеличением широты места это растяжение будет все значительнее.

Определим, во сколько раз увеличилась каждая параллель при изображении земной поверхности в условиях такого проектирования. Радиус параллели AB обозначим через r (рис. 64), а радиус Зем-

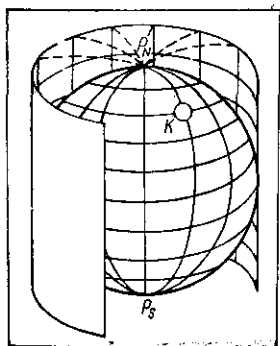


Рис. 63

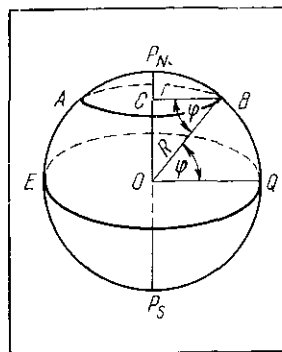


Рис. 64

ли через R . Широта φ выбранной параллели определится углом BOQ . Из прямоугольного треугольника BOC найдем

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

откуда

$$R = \frac{r}{\cos \varphi} = r \sec \varphi. \quad (44)$$

Выразив через полученные радиусы длины окружностей, получим

$$2\pi R = 2\pi r \sec \varphi,$$

т. е. длина любой параллели, умноженная на секанс широты этой параллели, равна длине экватора. Иначе говоря, параллели, растягиваясь до окружности экватора, будут удлиняться пропорционально секансу широты. Так, например, параллель широты Ленинграда 60° , сделавшись равной экватору, увеличится вдвое, а параллель широты 80° увеличится в 5,8 раза, параллель широты 89° — в 57,3 раза. Что же касается полюсов, то они на такой проекции спроектированы быть не могут, так как $\sec 90^\circ$ равен бесконечности.

Если теперь разрезать цилиндр по одной из образующих, то получим на плоскости прямоугольную сетку меридианов и параллелей, расположенных на одинаковых расстояниях друг от друга.

На такой сетке локсодромия, пересекающая все меридианы под одинаковым углом, изобразится также прямой линией, так как все меридианы параллельны. Однако полученная проекция удовлетворяет пока только одному этому условию. Дело в том, что параллели на ней растянулись пропорционально секансу широты, в то время как величина меридианов осталась неизменной.

В связи с этим бесконечно малый круг на земной поверхности K (см. рис. 63) изобразится в виде эллипса K' (рис. 65) на проекции, большая ось которого будет растянута пропорционально $\sec \varphi$ по

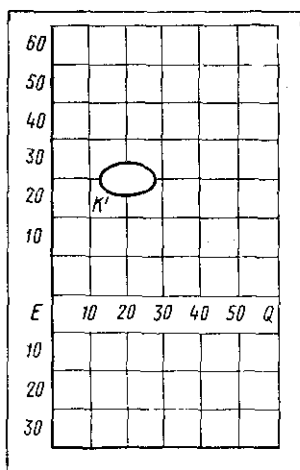


Рис. 65

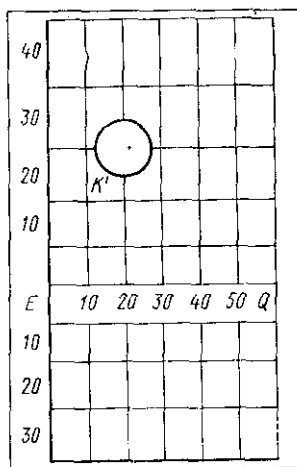


Рис. 66

сравнению с малой осью. Но это значит, что полученная проекция получилась неравноугольной.

Чтобы она стала равноугольной, надо и малую ось увеличить так, как увеличилась большая, т. е. пропорционально $\sec \varphi$. Этим самым будут приравнены масштабы по меридиану и параллели.

Если произвести подобного рода построения для всей земной поверхности, ограниченной данной проекцией, то получим достаточно верное изображение Земли на плоскости, при котором бесконечно малый эллипс, вытянувшись по малой оси пропорционально $\sec \varphi$, примет вид круга K' (рис. 66).

Полученная проекция теперь удовлетворяет все основные требования: она равноугольна, локсодромия изображается прямой линией, масштаб в границах карты будет изменяться в малых пределах. Это и есть меркаторская проекция.

§ 39. МЕРИДИОНАЛЬНЫЕ ЧАСТИ. РАЗНОСТЬ МЕРИДИОНАЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

При составлении карт в меркаторской проекции и при решении многих задач судовождения с помощью этой проекции часто приходится рассчитывать расстояние по меридиану от экватора до любой заданной параллели или между параллелями. Пользоваться для этой цели разностью широт не всегда удобно, а иногда и нежелательно из-за недостаточной точности получаемого результата. Поэтому в подобных расчетах, требующих повышенной точности, чаще пользуются меридиональными частями.

Меридиональная часть (МЧ) — это расстояние на меркаторской проекции от экватора до параллели с заданной широтой φ при масштабе на экваторе, равном единице.

Для навигации меридиональные части удобнее всего выражать через $1'$ дуги экватора, т. е. в экваториальных милях.

В МТ—75 составлена табл. 26, в которой приведены значения меридиональных частей для широт от 0 до $89^{\circ}59'$ через интервал в $1'$ широты. Пользуясь этой таблицей, можно легко и быстро найти значения меридиональных частей для параллелей, лежащих в любой широте. Для нахождения промежуточных значений меридиональных частей на каждую десятую долю минуты широты достаточно проинтерполировать их ближайшие табличные значения.

Пример. Найти МЧ для широты $59^{\circ}31,4'$.

Решение. Из табл. 26 МТ—75 имеем:

Для широты $59^{\circ} 31,0'$	МЧ = 4449,9' экв. миль
» » » $59^{\circ} 32,0'$	МЧ = 4451,9' экв. миль
<hr/>	
Для широты $59^{\circ} 31,4'$	МЧ = 4450,7' экв. миль

Разность меридиональных частей (РМЧ) — это расстояние по меридиану на меркаторской проекции между двумя параллелями, выраженное в экваториальных милях. Для расчета РМЧ необходимо

выбрать по табл. 26 МТ—75 меридиональную часть для каждой параллели и произвести вычитание

$$PMЧ = MЧ_2 - MЧ_1. \quad (45)$$

Пример. Определить $PMЧ$ между параллелями $\varphi_1 = 48^\circ 37'$ и $\varphi_2 = 49^\circ 26'$.

Решение. Из табл. 26 имеем: $MЧ_2 = 3404,4'$; $MЧ_1 = 3329,9'$.

$$\begin{array}{r} - MЧ_2 = 3404,4' \\ MЧ_1 = 3329,9' \\ \hline PMЧ = 74,5'. \end{array}$$

Между разностью меридиональных частей и разностью широт двух параллелей имеется существенное различие. Так, например, если найти меридиональную часть параллели в широте $\varphi_1 = 60^\circ 00'$, а затем в широте $\varphi_2 = 60^\circ 01'$, то разность меридиональных частей этих параллелей составит $PMЧ = MЧ_2 - MЧ_1 = 4509,4' - 4507,4' = 2,0'$ дуги экватора, или 2 экв. мили. В то же время разность широт этих параллелей будет равна $PШ = \varphi_2 - \varphi_1 = 60^\circ 01' - 60^\circ 00' = 1,0'$ дуги меридиана. Таким образом, $1'$ дуги меридиана в широте $\varphi = 60^\circ 00'$ на меркаторской проекции изобразится отрезком меридиана, вмещающим 2 экв. мили.

Если теперь рассмотреть разность меридиональных частей и разность широт параллелей с широтами $\varphi_1 = 30^\circ 00'$ и $\varphi_2 = 30^\circ 01'$, то выяснится, что для них $PMЧ = MЧ_2 - MЧ_1 = 1878,0' - 1876,9' = 1,1$ экв. мили, а $PШ = \varphi_2 - \varphi_1 = 30^\circ 00' - 30^\circ 00' = 1,0'$ дуги меридиана, т. е. $1'$ дуги меридиана в широте $\varphi = 30^\circ 00'$, на меркаторской проекции изобразится отрезком меридиана, вмещающим в себя 1,1 экв. мили.

Единицей линейного масштаба для измерения разности широт и расстояний на меркаторской карте является меркаторская миля. Но если на поверхности земного шара $1'$ дуги меридиана (1 м. мили) величина постоянная, то на меркаторской проекции 1 м. мили ($1'$ дуги меридиана) изображается различными (как видно из примеров) по длине отрезками меридиана в зависимости от широты, т. е. величина переменная. По мере удаления от экватора линейная величина меркаторской мили все более увеличивается, по мере приближения к экватору — все более уменьшается и на экваторе становится равной экваториальной миле. Поэтому, измеряя расстояние на меркаторской карте, следует на вертикальной рамке карты откладывать меркаторские мили в том ее месте, которое соответствует широте измеряемого расстояния. В связи с этим с достаточной точностью на такой карте можно снять лишь расстояния, не превышающие нескольких десятков миль.

§ 40. РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ НА МЕРКАТОРСКИХ КАРТАХ И ПЛАНАХ

Задача 1. Снять с карты широту и долготу точки.

Решение. Задача решается с помощью циркуля. Одну ножку циркуля устанавливают на заданную точку, а вторую отодвигают до тех пор, пока она, описывая дугу, не коснется ближайшей параллели (в случае измерения широты

точки) или ближайшего меридиана (в случае измерения долготы точки). Измерив таким образом расстояние от точки до ближайшей параллели, переносят циркуль на левую или правую вертикальную рамку. Одну ножку циркуля устанавливают на ту параллель, до которой производилось измерение расстояния, а другую по этой же рамке в сторону заданной точки. Отсчет широты прочитывается по вертикальной рамке под второй ножкой циркуля.

При измерении долготы раствор циркуля переносят на верхнюю или нижнюю горизонтальную рамку, при этом так же одну ножку циркуля устанавливают на меридиан, до которого измерялось расстояние, а вторую в сторону заданной точки. Отсчет долготы прочитывается по горизонтальной рамке под второй ножкой циркуля.

Отсчеты широты и долготы точки снимаются с точностью до $0,1'$. Если рамки карты имеют малые деления, то десятые доли минуты в этом случае оценивают на глаз.

Задача 2. Нанести точку по ее координатам.

Решение. Задача может быть решена с помощью параллельной линейки или с помощью циркуля и параллельной линейки, а также только при помощи циркуля.

В первом случае на вертикальной и горизонтальной рамках карты делают отметки, соответствующие широте и долготе заданной точки. Через эти отметки с помощью параллельной линейки проводят линии, параллельные меридиану и параллели. В пересечении этих линий и будет находиться заданная точка.

Во втором случае делают отметку и устанавливают на нее параллельную линейку лишь на одной из рамок карты, а циркулем измеряют расстояние от ближайшего меридиана или параллели, соответствующее заданной широте или долготе точки, на другой рамке карты. После установки линейки от ближайшей параллели или меридиана по срезу линейки откладывают циркулем измеренное расстояние и делают на карте накол ножкой циркуля. Место укола циркуля и будет искомой точкой.

В последнем случае место точки наносят с помощью циркуля с карандашом методом засечек. При этом измеряют расстояние от ближайшей параллели до заданной широты точки по вертикальной рамке и переносят этот раствор, делая накол иглой циркуля в той части параллели, которая по возможности близко расположена к заданному меридиану точки. Карандашом циркуля на карте делают первую засечку.

Измеряют циркулем расстояние от ближайшего меридиана до заданной долготы точки по горизонтальной рамке и делают полученным раствором вторую засечку, производя накол иглой циркуля в той части меридиана, которая по возможности близка к заданной параллели точки.

Задача 3. Измерить расстояние между двумя точками.

Решение. Для измерения расстояния между двумя заданными точками на карте ножки циркуля приставляют к выбранным точкам. Необходимо помнить, что ножки циркуля не следует разводиться при этом на угол, больший 90° , так как при большом растворе рвется бумага и таким образом карта приходит в негодность. Не меняя угла раствора циркуля, переносят его на вертикальную рамку карты именно в той широте, в которой находится измеренное расстояние, и делают отсчет в милях. Снятие измеренного расстояния по вертикальной рамке карты в другой широте недопустимо, так как по мере удаления от экватора длина меркаторской мили увеличивается.

При больших расстояниях между точками измеряемое расстояние следует разделить на более мелкие отрезки и произвести измерение по частям, снимая длину каждого из них по вертикальной рамке карты в соответствующей для этого отрезка широте.

Когда измеряемое расстояние располагается по параллели, то его длину получившимся раствором циркуля переносят на вертикальную рамку так, чтобы одна половина раствора была расположена севернее, а другая южнее параллели, по которой измерялось расстояние.

Задача 4. Определить направление проложенной на карте линии.

Решение. С нанесенной на карту линией совмещают срез параллельной линейки, к которой прикладывают транспортир. Затем сдвигают транспортир к

одному из ближайших меридианов карты так, чтобы его центральный штрих с ним совместился. Отсчет снимают против риски на градуированной дуге транспортира, совпадающей с меридианом. Десятые доли градуса отсчитывают на глаз.

Если приведенная на карте линия направлена к северной части горизонта, то отсчет снимают на верхней дуге транспортира, если к южной, то снимают нижний отсчет.

Иногда центральный штрих транспортира совмещают с промежуточной параллелью, но тогда снятый на градуированной дуге отсчет необходимо изменить на $\pm 90^\circ$.

Задача 5. Проложить от данной точки истинный курс или истинный пеленг.

Решение. Располагают параллельную линейку на карте вблизи данной точки и к ее срезу прикладывают транспортир так, чтобы центральный штрих транспортира находился рядом с ближайшим меридианом. Соединенные вместе транспортир и линейку передвигают таким образом, чтобы центральный штрих транспортира и деление его на градуированной дуге, соответствующее заданному направлению, совпали с выбранным меридианом. После этого передвижением параллельной линейки переносят заданное направление к данной точке и проводят карандашом линию от нее в нужную сторону. Так как надписи на дуге транспортира сделаны с расчетом указывать сторону, в которую нужно проводить линию, то следует помнить, что если надпись соответствующего направления находится на внешней стороне транспортира, линия проводится вверх, на внутренней — вниз.

Необходимо также следить, чтобы во время установки транспортир и линейка не сбивались, т. е. чтобы срез линейки всегда был совмещен с транспортиром.

При курсах, близких к 0 и 180° , прикладывать транспортир к меридиану неудобно. К тому же при этом значительно снижается точность снимаемых отсчетов, а также точность определяемых направлений. В этих случаях лучше прикладывать транспортир к параллели, установив его отсчет, равный заданному направлению и $\pm 90^\circ$.

Задача 6. Перенести точку с одной карты на другую.

Решение. В зависимости от обстановки заданную точку с одной карты на другую переносят одним из следующих способов.

1. С первой карты снимают широту и долготу точки вышеуказанным способом. На новой карте точку наносят по известным теперь координатам.

2. На первой карте вблизи заданной точки выбирают какой-либо точный ориентир (маяк, знак и т. п.), который имеется одновременно и на второй карте. На первой карте снимают направление от выбранного ориентира до заданной точки и измеряют расстояние между ними. Для получения места точки на новой карте достаточно от выбранного (общего для обеих карт) ориентира провести линию снятого с первой карты направления и по нему отложить от ориентира расстояние, измеренное на первой карте, но приведенное к масштабу новой карты.

Второй способ предпочтительнее при плавании вблизи ориентиров. В этом случае ошибки в измеренном расстоянии и в определенном направлении на переносе точки скажутся незначительно. Первым способом лучше пользоваться при плавании в открытом море, когда расстояние до ориентиров значительно.

Задача 7. Снять широту и долготу точки на плане.

Решение. Координатная сетка плана может быть указана на нем различными способами. В том случае, если на плане имеется горизонтальная и вертикальная рамки, разбитые на градусы и минуты, то снятие и нанесение широты и долготы точки на плане осуществляется теми же способами, что и на карте.

Некоторые же планы вместо координатной рамки имеют в заголовке точные графические координаты какого-либо основного пункта, отмеченного на плане. Тогда снятие координат заданной точки плана производят следующим образом.

Через данную точку проводят меридиан до пересечения его с параллелью основного пункта. После этого по проведенному меридиану измеряют расстояние от параллели заданной точки до параллели основного пункта. Сравнивают

это расстояние с линейным масштабом плана по широте и определяют $PШ$ заданной точки и основного пункта. По $PШ$ вычисляют широту заданной точки

Для определения долготы заданной точки на плане измеряют расстояние от ее меридиана до меридиана основного пункта плана. Сравнивают это расстояние с линейным масштабом плана по долготе и определяют $PД$ заданной точки и основного пункта плана. По определенной таким образом $PД$ вычисляют долготу заданной точки.

§ 41. АЗИМУТАЛЬНАЯ ПЕРСПЕКТИВНАЯ ГНОМОНИЧЕСКАЯ И СТЕРЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИИ

В судовождении в некоторых случаях довольно широко используют гномоническую проекцию — один из видов азимутальной перспективной проекции. Это объясняется тем, что на картах в гномонической проекции меридианы и экватор, так же как и дуги всех больших кругов, изображают всегда в виде прямых линий. Действительно, большой круг на шаре — это след от пересечения шара плоскостью, проходящей через центр шара. Точка зрения тоже располагается в его центре. Следовательно, все проектирующие лучи будут в этом случае располагаться в секущей плоскости, а пересечение секущей плоскости с картинной всегда дает прямую линию.

Указанное свойство, называемое ортодромичностью, является особенно ценным, так как позволяет использовать карты в этой проекции для прокладки отрезков — ортодромий, являющихся дугами больших кругов шара. На меркаторской же проекции, как известно, изобразить ортодромию в виде прямой линии невозможно. Рассмотрим некоторые особенности этих карт более подробно.

Как уже указывалось, карты гномонической проекции могут быть представлены следующими тремя разновидностями. Карты нормальной, или полярной, гномонической проекции получаются в том случае, если картинная плоскость касается земного шара у одного из полюсов (рис. 67). На этих картах меридианы проек-

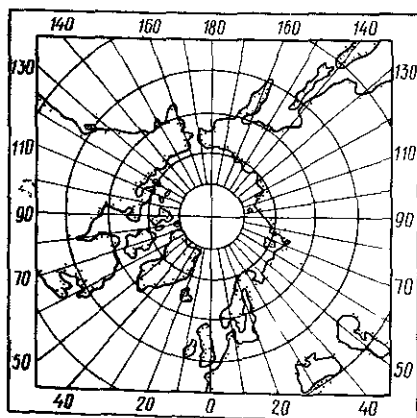


Рис. 67

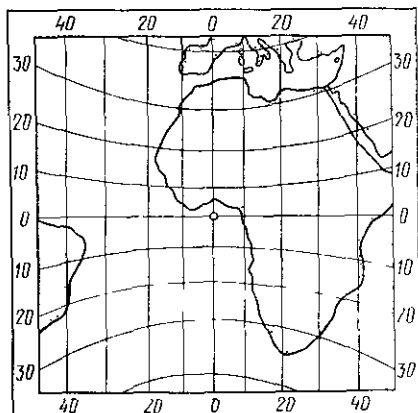


Рис. 68

тируются прямыми линиями, лучеобразно расходящимися от полюса под углами, равными разности долгот на шаре. Параллели изобразятся в виде концентрических окружностей с общим центром в точке полюса.

В том случае, когда картинная плоскость касается земного шара в любой точке экватора, получаются карты поперечной, или экваториальной гномонической проекции (рис. 68). Меридианы на этих картах изобразятся прямыми линиями, перпендикулярными экватору и параллельными центральному меридиану карты (меридиану точки касания картинной плоскости к экватору). Параллели же спроектируются в виде гипербол, действительной осью которых будет являться центральный меридиан карты, а их центрами — точка касания картинной плоскости.

Карты косой, или горизонтальной, гномонической проекции будут получены в случае, если картинная плоскость касается земного шара в любой точке между полюсами и экватором (рис. 69). Меридианы на них изобразятся тоже прямыми линиями, лучеобразно расходящимися из полюса и симметрично расположенными относительно центрального меридиана. Что же касается параллелей, то они будут иметь вид различного рода плоских кривых (эллипсов, гипербол, парабол) — в зависимости от широты места точки касания картинной плоскости.

Для составления морских карт в гномонической проекции в основном используют лишь нормальную (полярную) и косую (горизонтальную) проекции, которые издаются чаще всего в виде специальных карт-сеток.

Гномонические проекции не равновелики и не равноугольны. Очертания материков на них получаются в сильно искаженном виде. В связи с этим при большом удалении судна или радиостанции от центральной точки карты радиопеленги приходится исправлять соответствующими поправками. Однако исследования показывают, что при расстояниях судна от центральной точки, не превышающих 450 миль, искажение радиопеленга не превосходит $0,5^\circ$. Этой величиной на практике часто пренебрегают.

Непосредственное измерение расстояний на этих картах затруднительно, поэтому расстояния рассчитывают либо по формулам сферической тригонометрии, либо прибегают к достаточно сложным геометрическим построениям.

Локсодромический курс на картах в гномонической проекции не может быть изображен прямой, а представляет собой кривую линию. Поэтому прокладка локсодромии на гномонической карте связана с дополнительными вычислениями и обязательными геометрическими построениями.

Азимутальная перспективная стереографическая проекция обра-

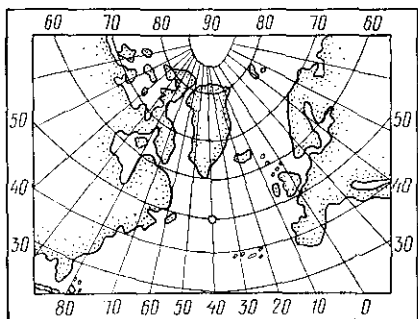


Рис. 69

зуется, когда точка зрения находится на антиподе точки касания картинной плоскости.

В §31 отмечалось также, что в зависимости от угла наклона основного диаметра к плоскости экватора образуются, как и в случае гномонической проекции, три вида проекций: нормальная, когда точка касания картинной плоскости совпадает с одним из полюсов; поперечная, когда точка касания на экваторе, и косая, когда картинная плоскость касается поверхности Земли в любой точке, не совпадающей с экватором и полюсами.

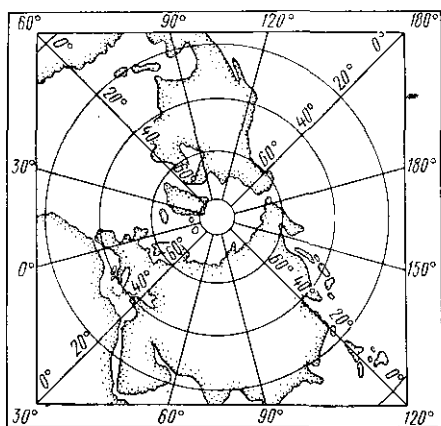


Рис. 70

Карты в стереографической проекции используются в судовождении чаще всего для изображения околополярных районов Земли. Поэтому наиболее употребительными являются нормальные стереографические проекции, у которых центральная точка касания совпадает с полюсом. Исключительно важным свойством этой проекции является то, что карта не слишком большого района с центральной точкой в середине карты имеет очень незначительные искажения, которые практически не влияют на точность графических построений. Так, например, если пользоваться путевой картой в стереографической проекции с центральной точкой в середине карты, то она уже в масштабе 1 : 200 000 практически обращается в план. На таких картах меридианы, пеленги, ортодромические курсы и т. д. изображаются почти без искажений прямыми линиями.

Недостатком стереографической проекции является то, что линия постоянного курса — локсодромия на этих картах представляет собой кривую линию. Однако это кривая малой кривизны, и для небольших расстояний ее проложение на путевой карте не представляет трудности.

Ортодромия на таких картах также изображается кривой линией. Но и эта кривая представляет собой линию малой кривизны, которой при небольших расстояниях на практике пренебрегают.

На рис. 70 показано изображение северного полушария в нормальной стереографической проекции.

§ 42. РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ НА КАРТАХ В ГНОМОНИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ

При работе на картах в гномонической проекции необходимо учитывать значительное искажение длин и углов на этих картах. Графическое решение задач на них имеет ряд особенностей, а поэтому следует рассмотреть ход этого решения более подробно.

Задача 1. Нанести на карту точку по ее географическим координатам и снять координаты.

Решение. Задача решается путем графической интерполяции промежутков между меридианами и параллелями. Используя соответствующие деления широты и долготы на рамках карты, можно всегда выделить на карте четырехугольную фигурку (рис. 71), охватывающую заданную точку.

На северной и южной параллелях четырехугольника с помощью заданной долготы отмечают точки a и a' , через которые проводят меридиан заданной точки в виде прямой линии. На западном и восточном меридианах с помощью заданной широты отмечают точки b и b' и проводят через них параллель точки также в виде прямой линии. Место заданной точки K определяется в точке пересечения проведенных прямых.

Для снятия координат заданной точки проводят отрезки ее меридиана и параллели до пересечения с меридианами и параллелями четырехугольника, в котором заданная точка находится.

При проведении указанных координатных линий необходимо соблюдать закон пропорционального деления этими линиями изображений меридианов и параллелей четырехугольника.

Задача 2. Измерить расстояния между двумя точками.

Решение. При измерении длин отрезка AB (рис. 72) на карте в нормальной гномонической проекции всегда следует пользоваться шкалой того меридиана, который делит данный отрезок приблизительно пополам. Для этого достаточно как бы развернуть отрезок AB вокруг средней точки M до направления среднего меридиана и снять разность широт в минутах точек A' и B' . Однако полученное таким образом расстояние S' всегда меньше действительного на величину $\Delta S\%$, которая приводится в табл. 6 в зависимости от широты средней точки и от направления линии измеряемого расстояния $GnK_{ср}$, отсчитываемого от меридиана средней точки.

Для повышения точности измерения больших расстояний (свыше 500 миль) они измеряются по частям длиной до 250 миль, используя для каждой части свои значения величин $\varphi_{ср}$ и $GnK_{ср}$, отсчитываемых от своих средних точек.

Для измерения расстояний на картах в косой или поперечной гномонической проекции вначале на карту наносят ее центральную точку Z_0 (рис. 73) по координатам, которые обычно указаны на карте. Затем на карту накладывают широкую кальку, вмещающую отрезок AB и точку Z_0 , и переносят изображение отрезка AB и Z_0 на эту кальку. После этого разворачивают кальку вокруг Z_0 до тех пор, пока отрезок AB на кальке не станет параллельным одному из меридианов. Разность широт точек $A'B'$ в минутах дуги на этом меридиане и будет искомым расстоянием.

Если во время разворота кальки вокруг Z_0 отрезок $A'B'$ выходит за рамки карты, то необходимо предварительно перенести точки A и B на карте ближе к точке Z_0 на одинаковое число градусов по долготе вдоль соответствующих параллелей.

Таблица 6

$GnK_{ср}, ^\circ$				$\varphi_{ср}, ^\circ$		
				80	84	88
0	180	180	360	—	—	—
10	170	190	350	—	—	—
20	160	200	340	0,2	0,1	—
30	150	210	330	0,4	0,1	—
40	140	220	320	0,6	0,2	—
50	130	230	310	0,9	0,3	—
60	120	240	300	1,1	0,4	0,1
70	110	250	290	1,3	0,5	0,1
80	100	260	280	1,5	0,5	0,1
90	90	270	270	1,5	0,6	0,1

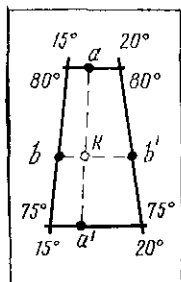


Рис. 71

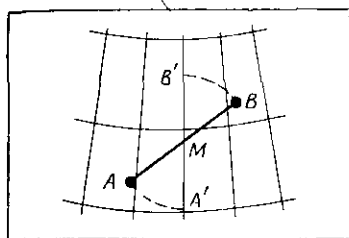


Рис. 72

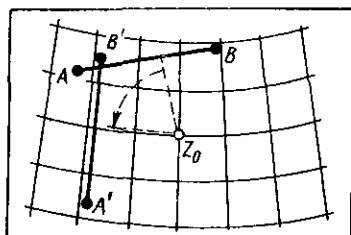


Рис. 73

Задача 3. Определить направление проложенной линии.

Решение. Определение направления прямой линии AB (рис. 74) на картах в нормальной гномонической проекции производится относительно выбранного меридиана. Измерения производятся с помощью параллельной линейки и транспортира. Снятое с карты направление в этом случае будет гномоническим — $ГнК$. Для вычисления истинного направления необходимо воспользоваться формулой

$$\operatorname{tg} ИК = \operatorname{tg} ГнК \operatorname{cosec} \varphi,$$

где φ — широта точки, относительно которой измерялось направление заданной линии.

Для облегчения расчетов могут быть использованы Таблицы для перевода истинных направлений в гномонические.

Измерение направления прямой линии на картах в косой или поперечной гномонической проекции производится иначе. Точку A (рис. 75), от которой необходимо измерить направление на точку B , соединяют с центральной точкой карты Z_0 . С помощью транспортира и параллельной линейки последовательно измеряют углы $ГнК'$ — от меридиана точки A до направления AZ_0 и $ГнК''$ — от направления AZ_0 до линии AB , каждый из углов исправляют в истинные направления $ИК'$ и $ИК''$ суммируют их алгебраически и получают

$$ИК = ИК' + ИК''.$$

Чаще вместо исправления искаженных углов при определении направления прямой линии на картах в гномонической проекции предпочитают по координатам отдельных точек перенести изображение дуги большого круга на карту в меркаторской проекции, с которой затем и снимают необходимые курсы без дополнительных исправлений.

Задача 4. Проложить прямую линию (ортодромию) в заданном направлении от заданной точки.

Решение. При этом на карте в нормальной гномонической проекции через заданную точку M проводят отрезок меридиана. Заданное истинное направление переводят в гномоническое по формуле

$$\operatorname{tg} ГнК = \operatorname{tg} ИК \sin \varphi,$$

где φ — широта заданной точки.

Гномоническое направление $ГнК$ с помощью транспортира и параллельной линейки наносят на карту от заданной точки M (см. рис. 74).

При использовании карт в косой или поперечной гномонической проекции поступают следующим образом.

Заданную точку A соединяют с центральной точкой Z_0 (см. рис. 75) и с помощью параллельной линейки и транспортира измеряют угол $ГнК'$, переводя его по формуле в $ИК'$. Эту величину вычитают из заданной величины $ИК$, добавляя, если необходимо, 360° . В результате этого вычитания получают величину $ИК''$, которую переводят в $ГнК''$. Величину $ГнК''$ с помощью транспортира откладывают от направления AZ_0 по часовой стрелке и получают суммарный угол $ГнК$, соответствующий заданному $ИК$.

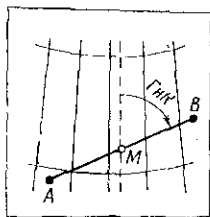


Рис. 74

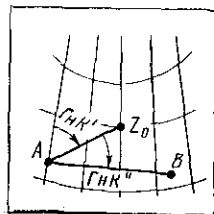


Рис. 75

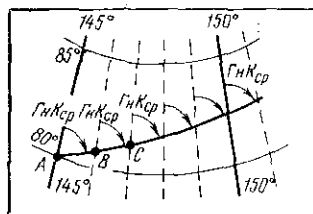


Рис. 76

Задача 5. Проложить локсодромию на карте в гномонической проекции.

Решение. Локсодромический курс (заданное истинное направление) переводят в гномоническое направление

$$\operatorname{tg} \Gamma_{\text{НК}} = \operatorname{tg} \text{ИК} \sin \varphi.$$

Затем на карте проводят в заданном районе карандашом меридианы через 1—2°. После этого от меридиана начальной точки *A* (рис. 76) с помощью транспортира и параллельной линейки прокладывают до следующего проведенного карандашом меридиана прямую линию под углом

$$\Gamma_{\text{НКср}} = \Gamma_{\text{НК}} \pm \frac{\Delta\lambda}{2},$$

где $\Delta\lambda$ — выбранная разность долгот между проведенными карандашом меридианами.

Из точки *B* от ее меридиана вновь прокладывают прямую до следующего меридиана под углом

$$\Gamma_{\text{НКср}} = \Gamma_{\text{НК}} \pm \frac{\Delta\lambda}{2}.$$

Построение продолжается таким образом от каждого нового меридиана. При этом необходимо помнить; что величина $\frac{\Delta\lambda}{2}$ прибавляется при гномоническом направлении, меньшим 180°, и вычитается при гномоническом направлении, большем 180°.

Задача 6. Перенести точку с одной карты на другую.

Решение. Для гномонических карт в любой проекции перенос точки с одной карты на другую производится либо по координатам этой точки, либо по направлению и расстоянию от какого-либо ориентира, имеющегося на обеих картах.

Задача 7. Нанести дугу большого круга.

Решение. Для прокладки ортодромии на картах в гномонической проекции достаточно соединить конечные пункты прямой линией с помощью линейки. На другую карту (в любой другой проекции) изображение ортодромии легко переносится по координатам ее точек, снятым с карты в гномонической проекции.

§ 43. ОЦЕНКА ДОСТОИНСТВА КАРТЫ И СТЕПЕНЬ ДОВЕРИЯ К НЕЙ

Морские навигационные карты являются основными пособиями для плавания. Поэтому, подбирая карты для предстоящего перехода судна, необходимо предварительно тщательно их изучить и оценить достоинства или недостатки для определения степени доверия к ним.

Степень доверия к каждой карте различна и зависит от нескольких причин.

1. От времени составления карты и производства описи. Чем позже составлена карта, тем большего доверия она заслуживает. Давность же работ указывает, что опись производилась приемами и инструментами менее совершенными, чем современные. Кроме того, карта могла со времени последней описи в какой-то степени утратить свое сходство с местностью (новые сооружения, вырубка леса, вынос рек и т. д.).

Сведения о дате проведения описи наносят на каждой карте внизу, в правом углу под рамкой карты.

Даты первого и нового изданий, большой и малой корректуры указывают время внесения существенных изменений и дополнений на карту с целью ее обновления. Дата малой корректуры указывает о времени производства последних исправлений только навигационных элементов.

2. От масштаба карты. На картах в зависимости от масштаба дается определенное количество элементов морской обстановки, сокращающееся с уменьшением масштаба. Такое же сокращение сведений производится и в отношении ограждения, фарватеров, данных о магнитном склонении, течениях, навигационных ориентирах и т. д. Крупномасштабные карты всегда более нагружены, чем карты мелкомасштабные.

Граница района, охватываемого данной картой, называется нарезкой карты. Проектируя нарезку отдельной морской карты, стремятся изобразить на ней определенный район, а в зависимости от навигационной обстановки в районе устанавливается масштаб на степень нагрузки данной карты. Морские карты и планы обычно составляют в масштабе от 1 : 500 до 10 000 000.

Издаются морские навигационные карты на листах размерами 75 × 100, 50 × 75, 38 × 50 см. Размеры внутренних рамок карт будут несколько меньше и составят соответственно 68 × 93, 43 × 68, 31 × 43 см. В исключительных случаях допускается увеличение листа, но не более чем это необходимо для размера 82 × 112 см внутренних рамок.

Если потребуется поместить заданный район в заданном масштабе на одной карте, то допускается ее изготовление на двух листах, из которых лист стандартного размера является основным, а другой, чаще всего неполный, называется клапаном. Клапан может быть размещен и на свободном листе карты (внутренний клапан) с некоторым находом на нее.

Судоводителю следует пользоваться всегда картой самого крупного масштаба.

3. От подробностей промера. Промер — это измерение глубин по ряду направлений (промерные галсы). Редкое и неровное расположение между собой отметок глубин на карте, наличие белых пятен между ними указывает на то, что промер не был подробным и поэтому в этих местах можно ожидать наличия невыявленных опасностей. И наоборот, если на карте часто и равномерно нанесены глубины, то это означает,

что промерные работы произведены качественно и карта заслуживает высокого доверия.

4. От рельефа дна. Наиболее благоприятным для судовождения является плавный рельеф. Он характерен равномерным изменением глубин, отсутствием банок. Сложный рельеф характерен неравномерностью глубин, наличием банок, отличительных глубин и требует особой осторожности при плавании, так как в этом районе могут встретиться опасные глубины, не обнаруженные промером.

Характер рельефа дна приобретает особое значение во время плавания при малых глубинах, поэтому суда с большой осадкой (свыше 5 м) не должны заходить за 20-метровую изобату, а суда с малой осадкой — за 10-метровую. В случае захода судна за эти предостерегающие изобаты следует уменьшить ход и использовать все возможности для определения действительной глубины.

5. От достоверности изображения побережья. Если линия изображения побережья непрерывна и сплошная, то это говорит о том, что берег нанесен на карту по материалам точных съемок. Прерывистая береговая линия показывает на карте места, где берег нанесен лишь приближенно, по данным съемок пониженной точности.

Достоверность изображения рельефа суши определяется способом его нанесения на карту. Если горы и иные неровности на местности изображены на карте непрерывными горизонталями, каждая из которых соответствует определенной высотной ступени, то данные карты представляют собой наиболее точное изображение рельефа суши.

6. От количества нанесенных на карту береговых ориентиров. При отсутствии по побережью приметных с моря береговых ориентиров достоинство карты значительно снижается, ибо затрудняется использование ее для определения места судна. При достаточном количестве береговых ориентиров следует использовать прежде всего триангуляционные знаки и объекты, обведенные на карте красными кружками. Затем предпочтение отдается изображению башен, вышек и церквей, которые наносят на карту по достаточно точно определенным координатам.

Практика судовождения выработала ряд основных рекомендаций по использованию карт:

из всех имеемых карт для данного района следует использовать всегда карту самого крупного масштаба, составленную по самым последним данным;

если белые пятна расположены среди больших глубин, можно ожидать, что и в этом непромеренном пятне глубины окажутся достаточными. Если белые пятна расположены среди малых глубин, то следует опасаться появления в этом месте опасной глубины;

если сведения, приведенные в лоции и на карте, имеют расхождения, то следует принимать во внимание сведения, помещенные на карте самого крупного масштаба;

заходить за изобату 20 м не рекомендуется;

перед тем как пользоваться картой, необходимо внимательно прочитать все надписи на ней;

при подготовке к рейсу необходимо произвести подъем карты.

§ 44. ПОДЪЕМ КАРТЫ

При плавании вблизи берегов опасных в навигационном отношении районов, в узкостях целесообразно сделать подобранные на переход карты более удобными и наглядными для ведения прокладки, или, как говорят, произвести подъем карты. Подъем карты производится следующим образом.

1. Наносят карандашом отрезки дуг дальности видимости маяков с учетом высоты глаза наблюдателя, на которых надписывают характеристику огня маяков. Опасные секторы маяков заштриховывают карандашом. На некоторых иностранных картах такие дуги для стандартной высоты глаза наблюдателя наносят уже при печати.

2. Отмечают карандашом те изобаты, которые судоводитель не намерен пересекать.

3. Наносят опасный угол, опасный пеленг, опасную дистанцию, ограждающую опасности. На них делают соответствующие пояснительные надписи.

4. Отмечают кружком искусственные створы, которые могут быть использованы во время плавания. Если нет искусственных, то намечают, если это возможно, и проводят естественные, сопровождая их соответствующими надписями.

5. Выделяют карандашом на карте те участки береговой черты и береговые приметные ориентиры, которые хорошо просматриваются на экране РЛС. Однако это следует делать только в результате неоднократных наблюдений.

6. Возле радиомаяков выписывают их характеристику, дальность и время работы; ненадежные секторы помечают карандашом.

7. Намечают карандашом опасные для плавания районы, проходящие вблизи с проложенной линией пути.

8. Отмечают на карте карандашом направление и скорость постоянных течений.

9. При наличии в данном районе приливных течений на свободной поверхности карты составляют табличку с основными элементами прилива на ориентировочное время прихода в этот район.

10. При плавании в узкостях с большим количеством плавучего ограждения выписывают характеристику имеющихся буев.

11. Магнитные склонения приводят к году плавания и подписывают на картах.

Работа по подъему карты хотя и трудоемка, но значительно облегчает работу судоводителя при плавании.

§ 45. СУЩНОСТЬ ГРАФИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ

Для обеспечения безаварийного плавания судна судоводителю необходимо постоянно контролировать его перемещение. Этот учет движения судна, всегда зависящий от условий плавания, называют *счислением пути судна*.

Счисление пути судна может быть:

графическим, когда оно осуществляется графическим построением на карте направления его движения и пройденного расстояния на основе показаний компаса и лага, а также данных о течении и ветровом дрейфе;

аналитическим, или письменным, когда оно осуществляется путем математических расчетов по формулам или таблицам с последующим нанесением рассчитанных координат на карту.

Однако одно только графическое или письменное счисление не может гарантировать высокую точность учета перемещения судна. Это связано с тем, что далеко не все внешние факторы (ветер, течение, поправки приборов и т. д.) учитываются судоводителем точно. Поэтому контроль за перемещением судна ведется еще и с помощью определений места судна, производимых навигационными, радионавигационными и астрономическими способами.

В штурманской практике место судна, полученное по результатам измерений навигационных параметров внешних ориентиров, называется *абсервованным*. Место судна, рассчитанное по элементам его движения (направление и пройденное расстояние) без использования внешних ориентиров, называется *счислимым*.

Совокупность графических работ по учету и контролю движения судна, производимых на навигационной карте для обеспечения безопасности мореплавания, называется *прокладкой*.

Прокладка выбранного пути судна осуществляется дважды.

Предварительная включает в себя изучение предстоящего перехода (по картам, лоциям района плавания и всем навигационным пособиям перехода), выбор наиболее выгодного пути к пункту назначения, графическую прокладку его на карте. Здесь же производится предварительный подсчет продолжительности рейса с учетом захода в промежуточные порты для пополнения необходимых запасов топлива, воды, продовольствия и других видов снабжения.

При графическом выполнении предварительной прокладки на карту наносят истинные курсы перехода, рассчитывают моменты подхода к основным точкам поворотов (моменты наносят по так называемо-

му оперативному времени, по которому выход из порта принимается за 00 ч 00 мин), вычисляют моменты открытия и скрытия основных маяков, время прохода наиболее опасных мест трассы и другие необходимые данные, связанные с переходом. Одновременно производится подъем карт, который во многих деталях дополняет предварительную прокладку. Для удобства использования предварительные расчеты сводят в соответствующие таблицы, например.

Курсы

Номер курса	ИК	Расстояния по курсу	Скорость	Время лежания на курсе	Координаты точек поворотов		Объекты и пеленги на них в момент поворота	Страницы пособий для плавания
					Ф	λ		

Сведения об ориентирах

Название ориентира	Дальность с учетом высоты глаза	Характеристика огня	Время открытия	Траверзное расстояние	Время на траверзе

Сведения о радиомаяках

Название радиомаяка	Позывной сигнал	Частота, длина волны	Расписание работы	Дальность действия

Приливо-отливные течения

Дата	Судовое время	Водный час	Скорость, уз	Направление, °

Подобные таблицы судоводитель составляет о тех данных, которые могут быть необходимы для перехода. Кроме того, в них могут быть помещены данные о темном и светлом времени суток, безопасных местах якорных стоянок, ремонтных возможностях и возможностях снабжения в различных портах и т. д.

Графически предварительную прокладку оформляют, как правило, на путевых картах. В некоторых случаях, когда переход не сложный, допускается нанесение истинных курсов предварительной прокладки на генеральных картах. Но и тогда на подходах к узкостям,

а также в самих узкостях прокладку истинных курсов следует производить на картах самого крупного масштаба.

Исполнительная прокладка ведется во время перехода обязательно на всех судах независимо от тоннажа. Прокладку следует вести: на карте самого крупного масштаба, откорректированной по последним Извещениям мореплавателям на дату выхода в море;

непрерывно с момента выхода из порта (с места якорной стоянки) до прихода в другой порт (до постановки на якорь в месте якорной стоянки);

тщательно, аккуратно и чисто с учетом всех маневров судна во время плавания;

без разрывов от одной обсервованной точки к другой, не пропуская любой возможности для контроля счислимого места с помощью обсерваций.

Приемы, методы и особенности графических построений при ведении исполнительной прокладки в различных условиях плавания будут рассмотрены в следующих параграфах.

§ 46. ПРОКЛАДКА ПРИ ОТСУТСТВИИ ДРЕЙФА И ТЕЧЕНИЯ

Приемы решения прямой и обратной задач. Решение прямой задачи предусматривает учет движения судна при заранее заданном рулевому компасном курсе. В этом случае необходимо рассчитывать *ИК* по формулам:

$$ИК = КК + \Delta МК \quad (\Delta МК = d + \delta)$$

$$ИК = ГКК + \Delta ГК.$$

Примеры. 1. Рулевому задан $ГКК = 341,5^\circ$; $\Delta ГК = -1,5^\circ$. Определить *ИК*.

Решение.

$$\begin{array}{r} ГКК = 341,5^\circ \\ + \Delta ГК = -1,5 \\ \hline ИК = 340,0^\circ \end{array}$$

2. Рулевому задан $КК = 128,2^\circ$ по магнитному компасу. Магнитное склонение в районе, приведенное к году плавания, $d = 5,4^\circ \text{ O}^{\text{st}}$. Определить *ИК* (девиация из табл. 3).

Решение.

$$\begin{array}{r} КК = 128,2^\circ \\ + d = +5,4 \\ \hline МК = 133,6^\circ \\ + \delta = -0,6 \\ \hline ИК = 133,0^\circ \end{array} \quad \begin{array}{r} d = +5,4^\circ \\ + \delta = -0,6 \\ \hline \Delta МК = +4,8^\circ \end{array}$$

Рассчитанный *ИК* судна в виде прямой линии прокладывают на карте от исходной точки начала счисления. Понятно, что при отсутствии дрейфа и течения и при правильно учтенной поправке компаса линия пути судна будет совпадать с линией проложенного курса.

В дальнейшем последовательно, по мере плавания, прокладывают линии следующих курсов, которыми будет идти судно.

Чаще в навигационной практике приходится решать обратную задачу: путь судна уже проложен на карте (заранее задан условиями предварительной прокладки), а надо рассчитать компасный курс для задания его рулевому. В этом случае:

$$КК = ИК - \Delta МК \quad (\Delta МК = d + \delta)$$

или

$$ГКК = ИК - \Delta ГК.$$

Примеры. 1. Истинный курс, проложенный на карте, $ИК = 218,0^\circ$; $\Delta ГК = -2,0^\circ$. Определить курс по гирокомпасу, который необходимо задать рулевому.

Решение.

$$\begin{array}{r} ИК = 218,0^\circ \\ - \Delta ГК = -2,0 \\ \hline ГКК = 220,0^\circ \end{array}$$

2. $ИК = 49,5^\circ$. Определить компасный курс по магнитному компасу, если магнитное склонение в районе, приведенное к году плавания, $d = 4,8^\circ W$ (девиация из табл. 3).

Решение.

$$\begin{array}{r} ИК = 49,5^\circ \\ - d = -4,8 \\ \hline МК = 54,3^\circ \\ - \delta' = -1,1 \\ \hline КК' = 55,4^\circ \end{array} \quad \begin{array}{r} МК = 54,3^\circ \\ - \delta = -1,1 \\ \hline КК = 55,4^\circ \end{array} \quad \begin{array}{r} d = -4,8^\circ \\ + \delta = -1,1 \\ \hline \Delta МК = -5,9^\circ \end{array}$$

Графическое оформление прокладки на карте имеет ряд существенных особенностей (рис. 77).

Начало ведения прокладки определяется условиями начала плавания. Как правило, прокладку начинают с выходом судна с акватории порта или после съёмки с якоря в тот момент, когда есть возможность точно определить место (точная обсервация, ворота гаваней, траверзы близрасположенных ориентиров, проход пересекающихся створов и т. д.).

Необходимо помнить, что лаг должен быть выпущен еще до прихода судна в исходную точку, чтобы в момент прохождения точки при установившемся уже режиме работы прибора были бы записаны его отсчет и время по судовым часам. Время, если скорость судна до 12 уз, записывают с точностью до 1 мин, если скорость более 12 уз — с точностью до 0,5 мин. Отсчеты указателя пройденного расстояния лага записывают всегда с точностью до 0,1 мили.

Истинные курсы прокладывают на карте в виде линий не толще линий меридианов и параллелей мягким, остро отточенным карандашом. Вдоль линии истинного курса пишут компасный курс и в скобках — величину поправки компаса с ее знаком (с точностью до десятых долей градуса).

Возле каждой обсервованной и счислимой точки (условные обозначения точек места судна даны в приложении 1) на карте в виде дроби записывают время и отсчет лага (числитель — часы и минуты с точкой между ними, знаменатель — отсчет лага с запятой между целыми и десятными долями миль).

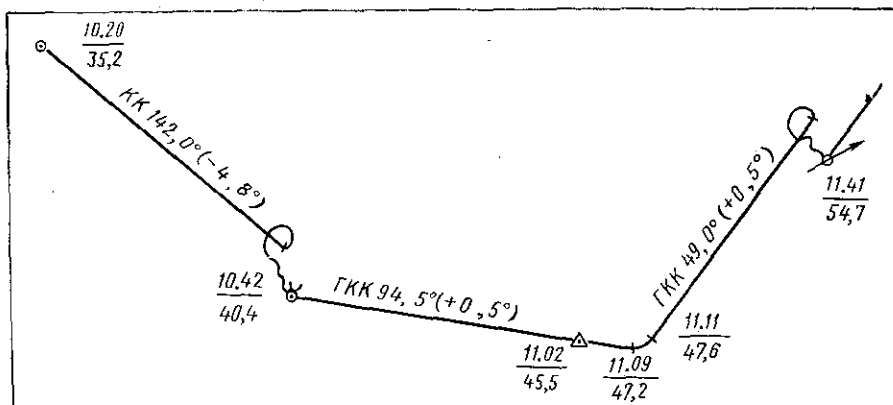


Рис. 77

При плавании вблизи берегов место судна определяют через каждые 20—30 мин, если обстоятельство не требуют более частых определений, при плавании в открытом море при хорошей видимости — не менее четырех раз в сутки, а при плохой видимости — каждый час.

При плавании вблизи берегов счислимые места судна отмечают на карте через 1 ч, в открытом море — через 4 ч.

Положение судна на линии движения в любой момент времени (счислимую точку) наносят по расстоянию, пройденному судном от исходной точки. Расстояние получают по разности отсчетов лага, исправленных его поправкой. В то же время на карту записывают лишь фактические отсчеты лагов.

Моменты поворотов на новый курс фиксируют как счислимые места и от них прокладывают новый курс. При учете циркуляции судна отмечают точки начала и конца поворота.

После нанесения на карту обсервованного места дальнейшую прокладку ведут от полученной точки. Величину и направление несовпадения обсервованной точки со счислимой называют *невязкой*. Невязка определяется направлением от счислимого места к обсервованному (в градусах) и выражается в милях и десятых долях мили. Обозначается невязка затухающей волнистой линией, начинающейся от счислимого места, пересекающей курс и оканчивающейся в обозначении обсервованного места. При этом возле обсервованной точки записывают и время, и отсчет лага, а возле счислимой — ничего.

При ведении прокладки судоводителю часто приходится заранее рассчитывать отсчет лага и время прихода в намеченную точку (траверз ориентира, скрытие или открытие огня, начало поворота и т. д.).

Пусть судну необходимо было прибыть из точки А (рис. 78) в точку В. Снимают по карте расстояние S между этими двумя точками, и тогда отсчет лага в точке В

$$ол_B = ол_A + \frac{S}{K_n} = ол_A + пол,$$

а время в точке В

$$t_B = t_A + \frac{60S}{V_{\text{л}}}$$

Пример. $ол_A = 36,5$; $t_A = 12^ч 25^м$; скорость $V_{\text{л}} = 17$ уз. Расстояние $AB = S$, снято с карты, равно 3,5 мили; $\Delta л = +3\%$. Определить время t_B и отсчет лага $ол_B$ в точке В.

Решение. $ол_B = ол_A + \frac{S}{K_{\text{л}}} = 36,5 + \frac{3,5}{1,03} = 36,5 + 3,4 = 39,9$;

$$t_B = t_A + \frac{S \cdot 60}{V_{\text{л}}} = 12^ч 25^м + 0^ч 12^м = 12^ч 37^м.$$

Задача может быть решена и с помощью таблиц приложений 3 и 4 МТ-75. Из таблицы приложения 4 обратным входом найдем, что для $\Delta л = +3\%$ и $S = 3,5$ мили $рол = 3,4$, а из таблицы приложения 3 найдем, что время при $v_{\text{л}} = 17$ уз и расстоянии $S = 3,5$ мили составляет около 12 мин.

Откуда $t_B = 12^ч 37^м$,

а

$$ол_B = 39,9.$$

Еще проще задача решается с помощью логарифмической линейки.

Установив начало логарифмической шкалы движка на отсчет 1,03 по логарифмической шкале корпуса, передвинем бегунок на отсчет 3,5 этой же шкалы, соответствующий расстоянию $S = 3,5$ мили. Под визиром на шкале движка прочтем ответ $рол = 3,4$, откуда

$$ол_B = 36,5 + 3,4 = 39,9.$$

Для расчета времени t_B установим под отсчетом 60 шкалы квадратов корпуса линейки отсчет 17 шкалы квадратов движка. Установив визир бегунка на отсчет 3,5 по шкале квадратов движка, прочтем ответ под визиром бегунка на шкале квадратов корпуса линейки.

Он составит около 12 мин.

Откуда

$$t_B = 12^ч 25^м + 0^ч 12^м = 12^ч 37^м.$$

Нанесение места судна на карту в момент траверза ориентира. Траверзом ориентира, как уже указывалось, называется такое вз-

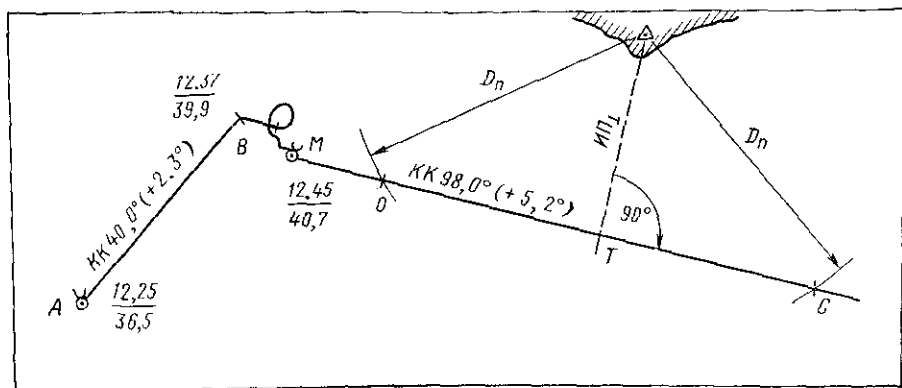


Рис. 78

имное расположение судна и ориентира, когда последний находится на курсовом угле 90° левого или правого борта. Этот момент на карте легко отметить по пеленгу, рассчитанному по отношению к истинному курсу судна по формуле (11). Рассчитанный пеленг откладывают от маяка в виде короткой засечки на линии истинного курса в точке T (см. рис. 78), которая и определяет место судна в момент траверза. Расчет времени и отсчета лага в момент прихода на траверз ориентира производятся от исходной точки так же, как и в предыдущем примере (в этом случае от обсервованной точки M).

Нанесение места судна на карту в момент открытия или скрытия огня. Огонь маяка или знака откроется для наблюдателя на том или ином расстоянии в зависимости от высоты, на которой на данном судне находится наблюдатель. Поэтому вначале рассчитывают дальность видимости огня D_v с учетом высоты глаза наблюдателя по формуле (7). Рассчитанную полную дальность видимости в милях и десятых долях снимают циркулем с вертикальной рамки карты в широте огня и откладывают от точки маяка (огня) как из центра в виде коротких засечек на линии истинного курса в точках O и C (см. рис. 78). Точки O и C и определяют место судна в моменты открытия или скрытия огня.

Как уже отмечалось, дальность видимости огней и предметов может изменяться в зависимости от целого ряда причин, которые не всегда поддаются точному учету в практической работе судоводителя. Поэтому на место судна, рассчитанное указанным способом, в полной мере полагаться не следует.

Предвычисление возможного момента времени и отсчета лага открытия или скрытия огня производится так же, как и в предыдущем примере.

§ 47. ЦИРКУЛЯЦИЯ СУДНА

Как уже указывалось, при ведении прокладки поворот с одного курса на другой может быть оформлен на карте продолжением линии нового курса от счислимой точки начала поворота. Такой способ вполне оправдан при плавании в открытом море. Однако при плавании вблизи берегов, в узкостях или шхерах, где требуется повышенная точность графического счисления, необходимо учитывать дополнительное перемещение судна при повороте на новый курс.

Криволинейная траектория, описываемая центром тяжести судна при выведенном из прямого положения руле называется *циркуляцией*.

Установлено, что после перекладки руля судно еще какое-то время продолжает следовать прежним курсом и лишь с некоторой точки A начинает уклоняться в сторону, противоположную стороне перекладки руля (рис. 79). Как правило, это смещение составляет половину ширины судна и поэтому в графическом счислении не учитывается.

Далее, начиная с точки B и до момента, когда курс судна изменится на 120° — 180° , траектория движения судна близка к спиральной

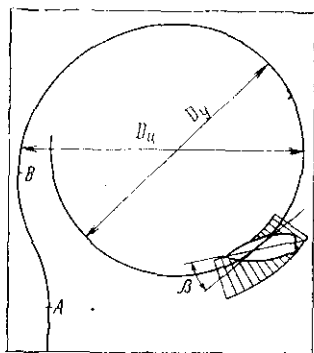


Рис. 79

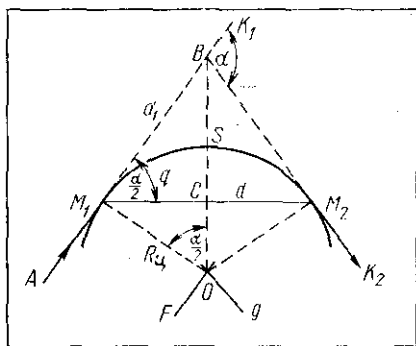


Рис. 80

кривой, называемой неустановившейся циркуляцией. После этого циркуляция по своей форме становится близкой к окружности.

Расстояние между начальным и обратным курсами называется тактическим диаметром циркуляции, или диаметром неустановившейся циркуляции $D_{ц}$. Время, за которое судно совершает неустановившуюся циркуляцию, называется эволюционным периодом циркуляции T_{180} , или полупериодом циркуляции. Отрезок $D_{у}$ носит название диаметра установившейся циркуляции.

При ведении графического счисления учитывают обычно тактический диаметр циркуляции, так как разворот судна во время плавания более чем на 180° маловероятен.

Во время циркуляции нос судна направлен внутрь описываемой циркуляции. Угол β между касательной к кривой циркуляции и положением диаметральной плоскости судна называется углом дрейфа на циркуляции. Угол дрейфа обычно не превышает величины $5-10^\circ$. Однако из-за дрейфа ширина полосы, занимаемая судном при повороте, всегда больше ширины самого судна, что необходимо учитывать при плавании в узкостях.

Существует несколько приемов учета циркуляции при графическом счислении.

Прием Домогарова. Пусть судно, идущее IK_1 , в точке M_1 (рис. 80) начало циркуляцию и, описав ее, легло в точке M_2 на IK_2 . Примем с незначительной для практики ошибкой путь судна на циркуляции S (дугу M_1M_2) за окружность с радиусом $R_{ц}$, равным половине $D_{ц}$ с центром в точке O .

Для равнобедренного треугольника M_1BM_2 угол K_1BM_2 является внешним, откуда $\angle K_1BM_2 = \angle BM_1M_2 + \angle BM_2M_1 = 2\angle BM_1M_2$, но $\angle K_1BM_2 = \alpha$, тогда $\angle BM_1M_2 = \frac{\alpha}{2}$ или

$$q = \frac{\alpha}{2}.$$

Прямоугольные треугольники BM_1C и M_1OC подобны, так как их острые углы составлены взаимно перпендикулярными сторонами, сле-

довательно, вторые их острые углы также равны между собой, т. е. $\angle BM_1C = \angle M_1OC = \frac{\alpha}{2}$.

Из прямоугольного треугольника M_1OC получим

$$\frac{d}{2} = R_{ц} \sin \frac{\alpha}{2},$$

или

$$d = 2R_{ц} \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (46)$$

а из прямоугольного треугольника BM_1O

$$d_1 = R_{ц} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (47)$$

Длина пути поворота может быть определена по формуле

$$S_{\alpha} = \frac{2\pi R_{ц} \alpha^{\circ}}{360^{\circ}} = \frac{\pi R_{ц} \alpha^{\circ}}{180^{\circ}}. \quad (48)$$

Время поворота t_{α} на любой угол поворота обычно определяют по данным фактических наблюдений или, что менее точно, по формуле

$$t_{\alpha} = \frac{T_{180} \alpha^{\circ}}{180^{\circ}}. \quad (49)$$

Элементы циркуляции — это угол поворота α , путь поворота S_{α} , время поворота t_{α} , угол поворота на промежуточный курс $q = \frac{\alpha}{2}$, расстояние по промежуточному курсу d и расстояние до нового курса d_1 .

Для того чтобы на каждом повороте не вычислять новые элементы циркуляции, заранее рассчитывают таблицы циркуляции по приведенным выше формулам. Эти таблицы составляют для различных углов отклонения руля (через 5—10°) при полной загрузке судна и порожнем.

Таблица 7

$\alpha, ^{\circ}$	$S_{\alpha}, \text{кб}$	$t_{\alpha}, \text{мин}$	$q = \frac{\alpha}{2}$	$d, \text{кб}$	$d_1, \text{кб}$
10	0,4	0,2	5	0,4	0,2
30	1,3	0,7	15	1,3	0,6
50	2,2	1,2	25	2,1	1,2
70	3,0	1,7	35	2,8	1,7
90	3,9	2,2	45	3,5	2,5
110	4,7	2,7	55	4,0	3,5
130	5,6	3,2	65	4,5	5,2
150	6,5	3,7	75	4,8	9,2
170	7,3	4,2	85	4,9	—
180	7,8	4,5	90	5,0	—

Элементы циркуляции для какого-либо промежуточного положения руля или загрузки судна можно получить простым интерполированием.

Образец такой таблицы для полной загрузки судна, угла отклонения руля 20°, $D_{ц} = 5$ кб, $T_{180} = 4,5$ мин представлен в табл. 7.

В табл. 7 углы поворота учтены до 180°, однако их можно учесть и до 360°.

Как видно из формул (46), (47), (48) и (49), для расчета таблицы циркуляции необходи-

мо иметь лишь три величины: радиус циркуляции R_{α} , полупериод циркуляции T_{180} и угол поворота α . Существует несколько способов их определения, но все они требуют дополнительных знаний, а поэтому будут рассмотрены в следующих главах.

Графический прием базируется на графических построениях на карте и применяется в том случае, если известен радиус циркуляции. Прием прост, но менее точен.

Рассмотрим практическое решение случаев учета циркуляции при графическом счислении.

Расчет точки конца циркуляции при известной точке начала циркуляции

Прием Домогарова.

1. Рассчитывают угол поворота α :

$\alpha = ИК_2 - ИК_1$ — при повороте вправо;

$\alpha = ИК_1 - ИК_2$ — при повороте влево.

2. По аргументу α из таблицы циркуляции выбирают d , $q = \frac{\alpha}{2}$, S_{α} для определения времени и отсчета лага в точке конца поворота.

3. Рассчитывают промежуточный курс

$$ИК_{пр} = ИК_1 \pm \frac{\alpha}{2}, \quad (50)$$

где знак «плюс» при $\frac{\alpha}{2}$ берется при повороте вправо, а знак «минус» — при повороте влево.

4. От точки M_1 прокладывают промежуточный курс и на нем откладывают расстояние d (рис. 81).

5. Из полученной точки конца поворота M_2 прокладывают конечный курс $ИК_2$, записывая рядом с этой точкой рассчитанные время и отсчет лага.

Проще эта задача может быть решена и по выбранному из таблицы циркуляции расстоянию до нового курса d_1 . Однако таким решением можно пользоваться лишь до углов поворота $\alpha \leq 150^\circ$, так как для больших α величина d_1 значительно возрастает.

Порядок решения в этом случае следующий.

1. Рассчитывают угол поворота α , как и в предыдущем случае.

2. По аргументу α из таблицы циркуляции выбирают d_1 , S_{α} и t_{α} для определения времени и отсчета лага в точке конца поворота.

3. Откладывают d_1 на продолжении $ИК_1$ от точки начала поворота M_1 (рис. 82).

4. От полученной точки C прокладывают новый курс $ИК_2$ и на нем тоже откладывают d_1 . Полученная точка M_2 является точкой конца поворота, возле которой записывают рассчитанные время и отсчет лага.

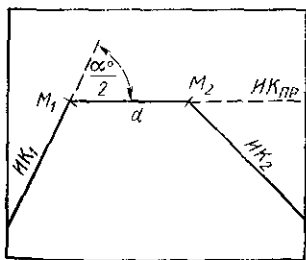


Рис. 81

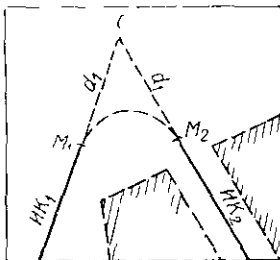


Рис. 82

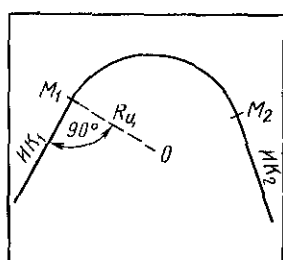


Рис. 83

Графический прием.

1. В точке начала поворота M_1 (рис. 83) восстанавливают перпендикуляр к линии $ИК_1$ в сторону поворота и откладывают на нем $R_{Ц}$ в масштабе карты. Получают точку центра циркуляции O .

2. Из точки O радиусом $R_{Ц}$ проводят часть окружности.

3. Заданный $ИК_2$ проводят как касательную к дуге циркуляции. В точке касания получают точку конца циркуляции M_2 , возле которой записывают время и отсчет лага окончания поворота.

Расчет точек начала и конца циркуляции при повороте на заданный курс (створ, фарватер)

Прием Домогорова.

1. Прокладывают $ИК_2$ по линии створа, фарватера (см. рис. 82) до пересечения с $ИК_1$ (точка C).

2. Рассчитывают угол поворота α и по нему выбирают из таблицы расстояние до нового курса d_1 .

3. Откладывают d_1 от точки C по $ИК_1$ и $ИК_2$ и получают точки: M_1 — точка начала поворота, M_2 — точка конца поворота.

4. Время и отсчет лага в точке M_1 получают по счислению, в точке M_2 — по S_α и t_α , выбранным из таблицы циркуляции по α .

Достоинством способа является его простота, однако в таблице циркуляции d_1 дается только до 150° . Поэтому при $\alpha > 150^\circ$ необходимо решать задачу по расстоянию по промежуточному курсу d .

1. Прокладывают $ИК_2$ (рис. 84) по линии створа, фарватера, рассчитывают угол поворота α и по нему выбирают из таблицы d и $\frac{\alpha}{2}$.

2. Приложив параллельную линейку к начальному курсу под углом $\frac{\alpha}{2}$ и взяв циркулем расстояние d , передвигают линейку до совпадения ножек циркуля с линиями $ИК_1$ и $ИК_2$. Полученные точки M_1 и M_2 (см. рис. 84) определяют начало и конец поворота.

3. Время и отсчет лага в точках M_1 и M_2 получают, как и в предыдущем способе.

Графический прием.

1. Прокладывают $ИК_2$ по линии створа, фарватера до пересечения с $ИК_1$ (рис. 85).

2. В произвольных точках A и B (см. рис. 85) на линиях $ИК_1$ и $ИК_2$ восстанавливают к этим линиям перпендикуляры, на которых откладывают $R_{Ц}$.

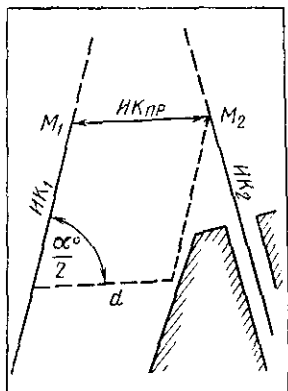


Рис. 84

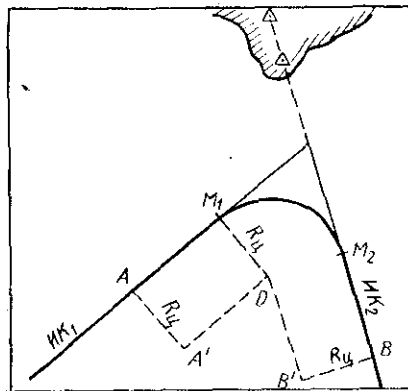


Рис. 85

3. Пользуясь параллельной линейкой, через полученные точки A' и B' проводят линии, параллельные IK_1 и IK_2 .

4. Из точки пересечения этих линий O как из центра циркуляции радиусом $R_{ц}$ проводят дугу, дающую в точках касания на IK_1 и IK_2 точки M_1 и M_2 начала и конца поворота.

5. Время и отсчет лага в точке M_1 получают по счислению, в точке M_2 — после окончания поворота.

Следует отметить, что при плавании циркуляция может изменяться в зависимости от различных условий, наиболее значительными из которых являются ветер и волна. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что во время поворота происходит потеря скорости судна, которая достигает 25—30%, а у некоторых быстроходных современных судов — даже до 50—60%.

Каждый поворот в связи с этим может вносить некоторую ошибку в счисление пути судна и в случае повторных поворотов может накопиться ошибка, имеющая существенное значение. Во избежание накопления ошибок следует принять за правило после каждого поворота, если будет возможно, определять место судна, чтобы убедиться, что судно действительно идет по линии проложенного пути.

§ 48. ДРЕЙФ СУДНА

Влияние ветра на перемещение движущегося судна. С помощью современных приборов на судах определяют скорость W и направление K_w так называемого наблюдаемого (кажущегося) ветра, т. е. ветра, который получается от сложения двух составляющих: составляющей истинного ветра и составляющей ветра, происходящего от движения судна. Направление ветра указывается в круговом счете (а иногда в румбовом) в сторону, откуда он дует; скорость измеряется в метрах в секунду.

Равнодействующая давления, создаваемого ветром на корпус и надстройки, сила A (рис. 86) в общем случае не совпадает по направлению с W . Разложим ее на две составляющие X и Y . Продольная составляющая X направлена вдоль диаметральной плоскости судна и увеличивает или уменьшает его скорость относительно воды. Такое изменение скорости, а следовательно, и пройденного расстояния учитывает лаг. Поперечная составляющая Y вызывает его боковое смещение с линии курса со скоростью $V_{др}$, пропорциональной силе Y . Геометрически сложив скорость $V_{д}$ со скоростью дрейфа $V_{др}$, получим вектор действительной скорости $V_{д}$, направленный к диаметральной плоскости судна под углом α . Именно по направлению этого вектора $V_{д}$ и будет перемещаться судно, смещаясь от линии выбранного курса на угол α , называемый углом ветрового дрейфа.

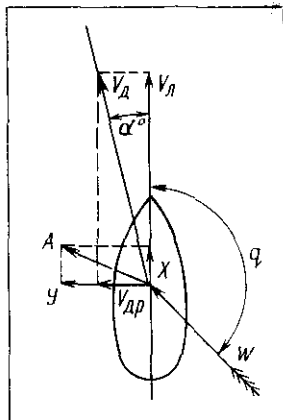


Рис. 86

Однако ветер влияет на движение судна и косвенным образом: через волнение и ветровое течение. Непрерывные удары волн в борт и волновое давление заставляют судно смещаться с линии выбранного курса в определенную сторону. Вызываемое ветром течение также смещает судно и изменяет его абсолютную скорость.

Поэтому под термином «дрейф судна» в навигации понимается его отклонение от выбранного курса под совместным воздействием ветра, ветрового течения и волнения. При застопоренных машинах под дрейфом понимают общее смещение судна под ветер.

Изучение дрейфа представляет значительные трудности. Это объясняется тем, что на величину дрейфа оказывает влияние большое количество различных факторов. Основными из них являются следующие.

1. Сила ветра. Возрастание силы ветра значительно увеличивает дрейф судна. А так как сила ветра может изменяться в широких пределах, изменяя вместе с тем в пропорциональных пределах волнение и ветровое течение, становится понятной сложность учета всех этих факторов на перемещение судна в зависимости от силы ветра.

2. Курсовой угол ветра, т. е. угол, составленный направлением наблюдаемого ветра к диаметральной плоскости судна. Наибольший дрейф наблюдается при углах, близких к прямым, а минимальный — при углах, близких к нулю, тогда, когда судно идет при попутных или противных ветрах. В практике судовождения принято считать, что при курсовых углах ветра от 20° и менее и от 160° и более дрейф судна можно не учитывать, так как поперечная составляющая силы ветра хотя и будет значительной, но почти вся расходуется на преодоление сопротивления воды боковому сносу судна.

3. Скорость судна. С уменьшением скорости угла дрейфа возрастает тем резче, чем больше снижена скорость.

4. Отношение площади надводной части к площади подводной. Дрейф судна становится тем больше, чем больше величина этого отношения. Поэтому чем больше загружено судно, тем меньшее действие будет оказывать на него ветер и тем меньше величина его дрейфа. Глубокосидящие и низкобортные суда дрейфуют меньше.

5. Поверхностные дрейфовые (ветровые) течения. Известно, что при длительном воздействии ветра на поверхности моря возникают поверхностные ветровые течения, которые также сносят судно с линии истинного курса. Направление этих течений, как правило, не совпадает с направлением ветра. Под влиянием отклоняющего действия вращения Земли эти течения связаны с вызвавшим их ветром следующими соотношениями: направление дрейфового течения в среднем отклоняется от направления ветра до 45° вправо в северном полушарии и влево — в южном; скорость установившегося дрейфового течения составляет 1,5—2,5% скорости вызвавшего его ветра. Поэтому угол дрейфа при одной и той же силе ветра и при одном и том же курсовом угле, но разного борта будет различным.

6. Зарыскивание судна. Зарыскиванием судна называется отклонение его от курса под действием ударов волн и ветра. Возвращение на курс производится перекладкой руля и происходит медленнее, чем

уход с него. Такое несимметричное отклонение приводит к смещению линии действительного перемещения судна относительно линии пути.

Перечисленные факты наглядно показывают, каким сложным становится учет дрейфа в практическом плавании. Несмотря на многочисленные теоретические работы, произвести расчет величины дрейфа с достаточной точностью без экспериментальных наблюдений пока не удается. В настоящее время относительно близкие к действительности данные могут быть получены судоводителем посредством формулы

$$\alpha = K \left(\frac{W}{V_{\text{п}}} \right)^2 \sin q, \quad (51)$$

где α — общий угол дрейфа судна, °;

K — коэффициент дрейфа, °;

W — скорость кажущегося ветра, м/с;

$V_{\text{п}}$ — скорость судна, м/с;

q — курсовой угол кажущегося ветра, °.

Три величины правой части формулы $V_{\text{п}}$, W , q всегда могут быть найдены путем измерений, поэтому для аналитического учета дрейфа необходимо найти коэффициент K . Однако исследования показали, что теоретически его вычислить невозможно из-за сложных зависимостей между определяющими величинами. Поэтому K определяют экспериментально.

Определив величину дрейфа α каким-либо наиболее точным способом, измеряют W , $V_{\text{п}}$ и q и по этим данным вычисляют

$$K = \alpha \left(\frac{V_{\text{п}}}{W} \right)^2 \operatorname{cosec} q.$$

Необходимо помнить, что коэффициент дрейфа зависит в основном от отношения площади надводной части к площади подводной, т. е. как бы является функцией осадки. Отсюда для пассажирских и специальных судов, незначительно изменяющих осадку, его практически можно считать постоянным. Однако для транспортных судов, осадка которых меняется в больших пределах, K нужно определять для нескольких состояний их загрузки (как правило — для трех). Полученные опытным путем значения K для данного судна необходимо в дальнейшем проверять и корректировать. Формула (51) справедлива для углов дрейфа не более 10°.

С. Н. Демин рассчитал и проверил практическими наблюдениями другую формулу для учета угла дрейфа:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left[-0,0462 + (1,42 - 4,83\lambda) \sqrt{\frac{S}{S_0}} \cdot \frac{W \sqrt{\sin q}}{35V_{\text{п}}} \right] + 0,2\delta,$$

где λ — относительное удлинение подводной части корпуса; $\lambda = \frac{2T^2}{S_0}$, здесь T — осадка судна, м;

S — боковая площадь парусности, м²;

S_0 — проекция подводной части корпуса судна на диаметральную плоскость, м²;

δ — угол отклонения руля для удержания судна на курсе, °.

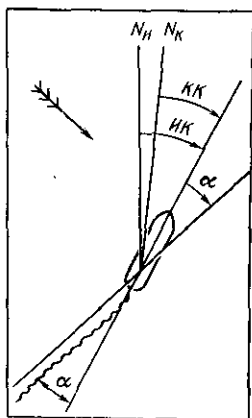


Рис. 87

Определение угла дрейфа по створу. При известном направлении створа подбирают курс так, чтобы судно перемещалось по линии этого створа. Тогда искомое направление пути будет направлением створа, а курс по компасу, исправленный его поправкой, определит направление истинного курса. Угол дрейфа α рассчитывают как разность направлений створа и истинного курса судна.

Определение угла дрейфа по створу может быть надежным только тогда, когда в районе плавания отсутствует течение.

Определение угла дрейфа пеленгованием кильватерной струи. Вращением гребного винта за кормой судна образуется пенящаяся струя воды, которая называется кильватерной. Кильватерная струя хорошо видна далеко за кормой и под влиянием ветра почти не смещается. Она представляет собой след перемещающегося судна и направление ее совпадает с линией его действительного перемещения — линией пути при дрейфе. Угол между направлением диаметральной плоскости судна и кильватерной струей представляет собой угол дрейфа α (рис. 87).

Определение угла дрейфа производят с помощью компаса. Взяв несколько отсчетов компасного пеленга или отсчетов курсового угла (ОКУ) отдаленной точки кильватерной струи, рассчитывают средний из записанных пеленгов или отсчетов курсовых углов. После этого получают величину и знак угла дрейфа $\alpha = ОКП - КК$ или $\alpha = ОКУ - 180^\circ$. Курс и скорость сохраняют при этом постоянными.

§ 49. ОСОБЕННОСТИ ГРАФИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ДРЕЙФА

§ 49. ОСОБЕННОСТИ ГРАФИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ДРЕЙФА

Ветер, как известно, отклоняет судно от линии истинного курса. Угол между нордовой частью истинного меридиана и направлением действительного перемещения судна при наличии ветра называется путевым углом при дрейфе $ПУ_\alpha$ (рис. 88). Отсчитывается $ПУ_\alpha$ по круговой системе счета от 0 до 360° .

Как видно из рис. 88, при ветре в левый борт $ПУ_\alpha$ будет больше истинного курса, а при ветре в правый борт — меньше на угол, равный величине угла дрейфа α . Поэтому дрейфу левого галса приписывают знак «плюс», правого — «минус».

Из рис. 88 можно получить следующие формулы:

$$\left. \begin{aligned} ПУ_\alpha &= ИК + \alpha \begin{pmatrix} +л/г \\ -пр/г \end{pmatrix} \\ ИК &= ПУ_\alpha - \alpha \begin{pmatrix} +л/г \\ -пр/г \end{pmatrix} \\ \alpha &= ПУ_\alpha - ИК \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

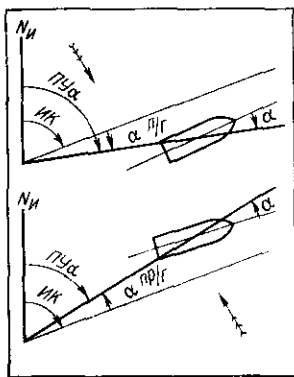


Рис. 88

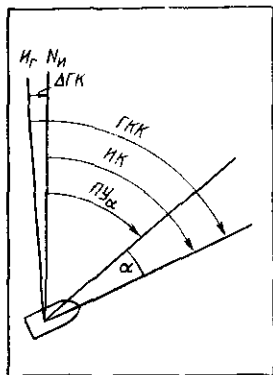


Рис. 89

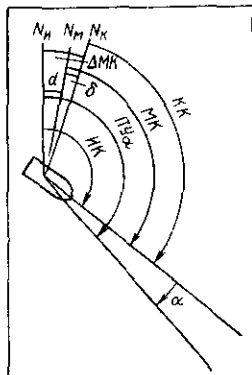


Рис. 90

Для простого представления взаимного расположения между собой линии пути при дрейфе и линии истинного курса можно воспользоваться правилом: линия истинного курса ИК всегда лежит ближе к ветру, а линия пути при дрейфе $ПУ_\alpha$ — дальше от ветра.

Необходимо всегда помнить, что судно, перемещаясь по линии пути при дрейфе, сохраняет направление диаметральной плоскости параллельно линии истинного курса.

Именно это и приводит к некоторым особенностям ведения прокладки при наличии дрейфа.

Решение прямой задачи. В этом случае исправляют заданный компасный курс в истинный и затем находят путевой угол $ПУ_\alpha$ по формуле (52).

Примеры. 1. $ГКК = 58,0^\circ$; $\Delta GK = -1,5^\circ$; ветер $100^\circ - 6$ баллов; $\alpha = 5,0^\circ$. Определить $ПУ_\alpha$ (рис. 89).

Решение. Вычисления производят по следующей схеме:

$$\begin{array}{r}
 GKK = 58,0^\circ \\
 + \Delta GK = -1,5 \\
 \hline
 IK = 56,5^\circ \\
 + \alpha = -5,0 \\
 \hline
 ПУ_\alpha = 51,5^\circ
 \end{array}$$

2. $КК = 134,0^\circ$; магнитно склонение в районе, приведенное к году плавания $d = 5,2^\circ \text{ост}$; $\delta = +3,1^\circ$; ветер $50^\circ - 5$ баллов; $\alpha = 3,0^\circ$. Определить $ПУ_\alpha$ (рис. 90).

Решение. Вычисления производят по следующей схеме:

$$\begin{array}{r}
 KK = 134,0^\circ \\
 + \delta = +3,1 \\
 \hline
 MK = 137,1^\circ \\
 + d = +5,2 \\
 \hline
 IK = 142,3^\circ \\
 + \alpha = +3,1 \\
 \hline
 ПУ_\alpha = 145,4^\circ
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 + d = +5,2^\circ \\
 + \delta = +3,1 \\
 \hline
 \Delta MK = +8,3^\circ
 \end{array}$$

Решение обратной задачи. В этом случае с карты снимают заданный $ПУ_{\alpha}$, т. е. направление той линии, по которой судно должно перемещаться по условиям задания при наличии дрейфа. Снятый с карты путь переводят в истинный курс, а затем в компасный для задания рулевому. Расчет ведется по формуле (52).

Примеры. 1. $ПУ_{\alpha} = 212,0^{\circ}$; ветер $140^{\circ} - 4$ балла; $\alpha = 3,0^{\circ}$; $\Delta GK = +2,0^{\circ}$. Определить GKK (рис. 91).

Решение. Вычисления производят по следующей схеме:

$$\begin{array}{r} ПУ_{\alpha} = 212,0^{\circ} \\ - \\ \alpha = +3,0 \\ \hline ИК = 209,0^{\circ} \\ - \\ \Delta GK = +2,0 \\ \hline ГKK = 207,0^{\circ} \end{array}$$

2. $ПУ_{\alpha} = 15,5^{\circ}$; ветер $80^{\circ} - 5$ баллов; $\alpha = 4,0^{\circ}$; магнитное склонение, приведенное к году плавания $d = 4,5^{\circ} W$; $\delta = 2,0^{\circ} O^{st}$. Определить KK (рис. 92).

Решение. Вычисления производят по следующей схеме:

$$\begin{array}{r} ПУ_{\alpha} = 15,5^{\circ} \\ - \\ \alpha = -4,0 \\ \hline ИК = 19,5^{\circ} \\ - \\ d = -4,5 \\ \hline МК = 24,0^{\circ} \\ - \\ \delta = +2,0 \\ \hline КК = 22,0^{\circ} \end{array} \quad \begin{array}{r} + \\ d = -4,5^{\circ} \\ \delta = +2,0 \\ \hline \Delta МК = -2,5^{\circ} \end{array}$$

После соответствующих расчетов на карте прокладывают только линию пути судна, надписывая над ней компасный курс, поправку компаса и принимаемую к учету величину дрейфа α со своим знаком. Последнюю запись делают в виде равенства, например $\alpha = +2^{\circ}$. Для наглядности положения диаметральной плоскости судна линию $ИК$ можно показать в виде стрелки длиной 2—3 см, проведенной из точки, в которой был начат учет дрейфа.

Пройденное судном расстояние S_{π} откладывают только по линии пути при дрейфе. Вертушечные буксируемые и индукционные лаги дрейф судна учитывают. При работе с днищевыми вертушечными и гидравлическими лагами, если угол дрейфа $\alpha < 8 \div 10^{\circ}$, для расчетов достаточно формулы (40).⁴ Если $\alpha > 10^{\circ}$, то пройденное расстояние на больших переходах за счет значительного бокового перемещения судна следует определять по формуле

$$S_{\pi} = \rho \alpha K_{\pi} \sec \alpha.$$

Для нанесения места судна на карту в момент траверза ориентира вначале рассчитывают его траверзный пеленг по формуле (11), так как диаметральной плоскостью судна всегда направлена параллельно линии истинного курса. Полученный $OИП$ ($ИП$) прокладывают от ориенти-

ра до пересечения с линией пути при дрейфе в виде короткой засечки, которая и будет точно определять место судна.

Для нанесения вероятного места судна в момент открытия или скрытия маяка вначале рассчитывают дальность видимости маяка с учетом высоты глаза наблюдателя D_n по формуле (7). Затем, сняв это расстояние в милях раствором циркуля с

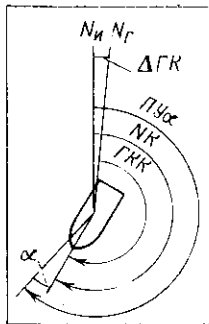


Рис. 91

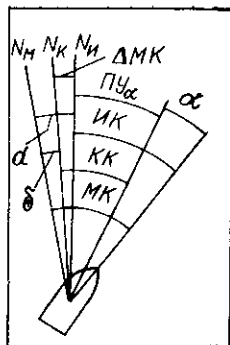


Рис. 92

вертикальной рамки карты, откладывают его от точки маяка как из центра в виде засечек на линии пути при дрейфе. Точки пересечения и определяют места судна в моменты открытия или скрытия маяка.

Для определения отсчета лага и момента прихода судна в какую-либо заданную точку задачу решают так же, как и в случае простого счисления. Снимать с карты расстояние S_d от исходной точки до заданной можно только по линии путевого угла при дрейфе.

При остановке судна в море замечают время и отсчет лага. На карту наносят счислимую точку остановки судна. Определив силу и направление ветра, проводят из счислимой точки волнистую линию по направлению действия ветра. По этой линии откладывают расстояние, на которое будет снесено судно, не имеющее хода, за время дрейфа.

Это расстояние может быть рассчитано по формуле

$$S_{др} = V_{др} (T_2 - T_1),$$

где $V_{др}$ — скорость дрейфа, уз;
 $T_2 - T_1$ — продолжительность дрейфа, ч.
 Скорость дрейфа определяют по формуле

$$V_{др} = 1,94 K_{др} W,$$

где $K_{др}$ — коэффициент скорости дрейфа, определяется по ряду наблюдений за скоростью дрейфа при застопоренных машинах из соотношения

$$K_{др} = \frac{V_{др}}{1,94W};$$

W — скорость наблюдаемого ветра, м/с.

В заключение следует отметить, что все существующие методы определения дрейфа судна не позволяют полагаться на достоверность их результатов. Поэтому, принимая к учету полученный тем или иным способом угол дрейфа, следует по возможности чаще определять место судна и контролировать учитываемый дрейф.

Массы океанской и морской воды находятся в постоянном движении под влиянием различных факторов. Горизонтальные перемещения водных масс называют морскими течениями. Любое течение определяется его элементами: скоростью и направлением. Направление течения указывается в круговом счете (иногда в румбовом) в сторону, куда оно течет; говорят, например, что «течение идет из компаса». Скорость течения измеряется в узлах, а иногда в милях в сутки.

Морские течения подразделяются на:

постоянные, или устойчивые — течения, которые длительное время сохраняют в некоторых пределах свое направление и скорость (наиболее четко выраженное течение такого типа — это Гольфстрим, его скорость колеблется от 100 до 120 миль в сутки);

периодические — течения, время от времени изменяющие свое направление и скорость (например, приливо-отливные, вызываемые приливообразующими силами Луны и Солнца, ветровые, которые вызываются муссонными ветрами, дующими одну часть года в одном направлении, а другую — в обратном, и др.);

временные, или случайные, изменяют свое направление и скорость без всякой закономерности, происходят в результате действия переменных, но сильных ветров (ветровые), изменений уровня моря (компенсационные), атмосферного давления (бароградиентные), усиленного стока вод с материков (сточные) и т. д.; скорость и направление таких течений зависят от целого ряда образующих их факторов и могут колебаться в значительных пределах.

Сведения о течениях можно выбрать из Атласов течений, лоций соответствующих районов, из морских навигационных карт. Однако приводимые в этих пособиях сведения могут в силу названных и целого ряда других причин отличаться от действительных элементов течений, действующих на судно. Поэтому судоводителю необходимо всеми возможными способами проверять правильность принятых к учету элементов течения (см. гл. IX настоящего учебника).

§ 51. УЧЕТ ТЕЧЕНИЯ ПРИ СЧИСЛЕНИИ

В результате воздействия течений происходит следующее. Под действием движителей судно получает движение со скоростью $V_{\text{л}}$ (рис. 93) относительно воды по направлению диаметральной плоскости судна AB , но в то же время и вода смещается относительно дна со скоростью $V_{\text{т}}$ в силу наличия течения.

Таким образом судно будет перемещаться под действием двух сил: силы движителей и силы течения воды, направления которых в общем случае не совпадают друг с другом.

В результате движение судна будет происходить по направлению равнодействующей этих сил AD со скоростью V , причем диаметральной плоскостью судна будет всегда направлена по линии истинного курса.

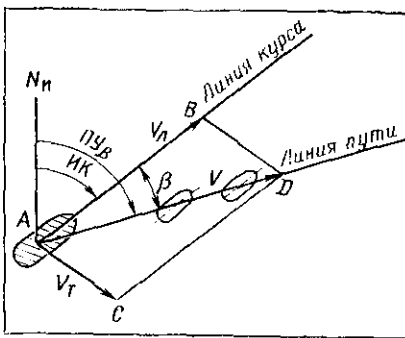


Рис. 93

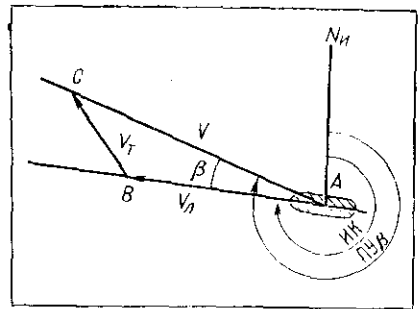


Рис. 94

Линия действительного перемещения судна по направлению равнодействующей называется линией пути судна на течении. Угол между нордовой частью истинного меридиана и направлением действительного перемещения судна при наличии течения называется *путевым углом на течении* $ПУв$, отсчитывается он по круговой системе от 0 до 360° . Угол, заключенный между линией истинного курса и линией пути судна, называется *углом сноса на течении* β ; при одном и том же истинном курсе и скорости судна он изменяется в зависимости от направления и скорости течения и наоборот. Из рис. 93 следует, что путь на течении, истинный курс судна и угол сноса будут связаны между собой следующими алгебраическими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} ПУв &= ИК + \beta \begin{pmatrix} +л/б \\ -пр/б \end{pmatrix} \\ ИК &= ПУв - \beta \begin{pmatrix} +л/б \\ -пр/б \end{pmatrix} \\ \beta &= ПУв - ИК \end{aligned} \right\} \quad (53)$$

При этом знак «плюс» перед углом β — течение направлено в левый борт, знак «минус» — в правый.

При учете течения могут быть известны истинный курс судна $ИК$ или путевой угол на течении $ПУв$, скорость по лагу $Vл$ или скорость по оборотам $Vоб$, направление течения $Kт$ и скорость течения $Vт$. Различные исходные данные и в этом случае приводят к решению прямой или обратной задачи.

Учет постоянного течения. Решение прямой задачи. В этом случае известны скорость судна, компасный курс, направление и скорость течения. Необходимо найти путевой угол на течении $ПУв$, угол сноса β и истинную скорость судна V .

Порядок графического решения состоит в следующем.

1. Рассчитывают истинный курс судна по показаниям и поправкам магнитного или гироскопического компаса и прокладывают его на карте (рис. 94) от точки начала учета течения A .

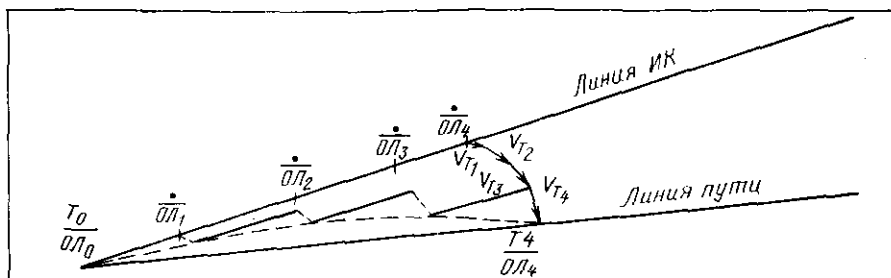


Рис. 96

рости судна и течения за 2 или 3 ч, при работе на картах крупного масштаба — за 1 или 0,5 ч.

Учет переменного (приливо-отливного) течения. Скорость и направление приливо-отливных и других переменных течений изменяются в зависимости от времени. Поэтому при прокладке их учитывают ежечасно. С этой целью выбирают элементы течения для начальной точки учета по моменту времени T_1 , а затем для другой точки, находящейся на расстоянии часового плавания, по моменту времени $T_1 + 1$ ч. Выбранные элементы течения первой и второй точек осредняют и полученные средние значения величин K_T и V_T принимают для дальнейшего счисления как постоянные для данного часа плавания. Для следующего часа плавания все действия повторяют. Графические построения в этом случае при решении прямой и обратной задач остаются такими же, как и при учете постоянного течения.

Если плавание осуществляется одним и тем же курсом в районе, удаленном от навигационных опасностей, то учет переменного течения может быть осуществлен другим способом. В этом случае элементы течения, последовательно выбранные и осредненные почасово для нескольких точек (как правило, трех-четырех), откладывают в виде векторного многоугольника от конца счислимой точки за весь период плавания с начала учета переменного течения. Линия, проведенная от начальной точки такого счисления к концу последнего вектора течения, определит направление пути судна (рис. 96). Обратная задача будет решена построением векторной цепочки скоростей течений от начальной точки счисления. Этот способ более прост, однако менее наглядно показывает действительное перемещение судна с учетом переменного течения. Перемещение судна с почасовым учетом течения показано на рис. 96 пунктиром.

§ 52. ОСОБЕННОСТИ ГРАФИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ ПРИ УЧЕТЕ ТЕЧЕНИЯ

Графические приемы ведения прокладки. 1. На карте от исходной точки прокладывают линию истинного курса и линию пути судна на течении (линия ПУ_в отмечается карандашом более отчетливо). Все записи значений компасного курса, поправки компаса и угла сноса β про-

изводят только на линии пути. Величину β со своим знаком записывают в виде равенства, например $\beta = +2,5^\circ$.

2. Пройденное судном расстояние, полученное по разности отсчетов лага и исправленное поправкой лага, откладывают только по линии истинного курса. Следовательно, все расчеты времени и пройденного расстояния должны также производиться по соответствующим отрезкам только на линии истинного курса.

3. Каждой точке на линии истинного курса соответствует точка на линии пути, которые связаны между собой вектором течения (его показывают пунктирной линией).

4. Счислимую точку отмечают только на линии пути. Около нее записывают время и отсчет лага. Возле соответствующей точки на линии истинного курса записывают в виде дроби с точкой в числителе отсчет лага.

5. Скорость судна и скорость течения при построении скоростных треугольников на карте откладывают соответственно одному и тому же промежутку времени.

6. Действительную скорость судна рассчитывают по величине отрезков, измеренных на линии пути.

7. При всяком изменении хотя бы одного элемента течения, скорости, истинного курса или пути судна необходимо строить новый скоростной треугольник.

8. Невязку отмечают от счислимой точки на линии пути.

9. Если обсервованная точка не совпадает со счислимой, то дальнейшее счисление ведут от обсервованной точки, принимая ее за исходную. Линии истинного курса и пути судна прокладывают от нее вновь.

10. Для повышения точности графических построений при учете течения следует пользоваться картами крупного масштаба. На картах более мелкого масштаба (мельче 1 : 200 000) построение скоростного треугольника рекомендуется производить в стороне от места ведения прокладки, увеличивая масштаб в 2—4 раза.

11. Необходимо твердо помнить, что, как и при учете дрейфа, при плавании на течении судно всегда находится на линии пути, в то время как его диаметральной плоскостью остается параллельной линии истинного курса.

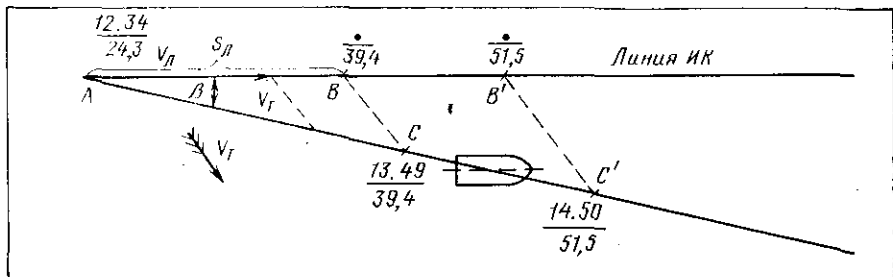


Рис. 97

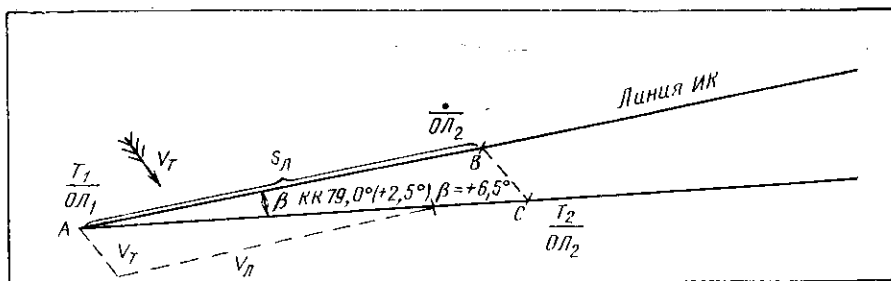


Рис. 98

Отыскание счислимого места судна в заданный момент. От обсервованной или счислимой точки A (рис. 97) пройденное расстояние (полученное по показаниям лага или по времени и скорости) откладывают по линии истинного курса (точка B). Точку B переносят по направлению течения на линию пути и таким образом получают счислимую точку C . При нанесении следующей счислимой точки откладывают пройденное расстояние по линии истинного курса от точки B и точку B' вновь сносят по течению на линию пути, получая другую счислимую точку C' . Точка B' может быть получена и от точки A , но в этом случае от точки A прокладывают суммарное расстояние AB' .

При учете попутного или встречного течения скоростной треугольник превращается в прямую линию. В этом случае от исходной точки откладывают отрезок, равный алгебраической сумме пройденного по лагу расстояния и произведения скорости течения на время плавания. Этот же отрезок может быть получен как произведение истинной скорости, равной алгебраической сумме скоростей судна и течения, на время плавания.

Расчет времени и отсчета лага в момент прихода судна в заданную счислимую точку. Из намеченной счислимой точки C (рис. 98) проводят по направлению, противоположному действию течения, пунктирную линию до пересечения с линией истинного курса в точке B . Снимают с линии $ИК$ расстояние $AB = S_л$ и рассчитывают время плавания и разность отсчетов лага, зная которые, легко можно получить время и отсчет лага в момент прихода судна в заданную счислимую точку по данным начальной точки.

Таким же образом могут быть предвычислены время и отсчет лага в момент скрытия или открытия маяка. Необходимо лишь помнить, что раствором циркуля, равным дальности видимости маяка с учетом высоты глаза наблюдателя, необходимо делать засечки от маяка на линии пути, но ни в коем случае не на линии истинного курса.

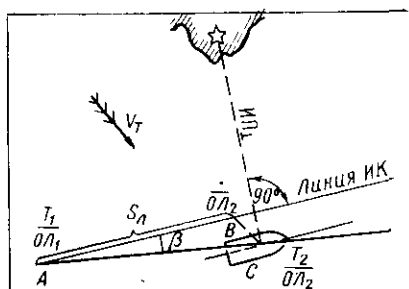


Рис. 99

Расчет времени и отсчета лага в момент прихода судна на траверз ориентира. Так как диаметральной плоскость судна всегда направлена параллельно линии истинного курса, то и в этом случае траверзный пеленг необходимо рассчитывать по формуле (11).

Расчитанный траверзный пеленг откладывают от ориентира в виде засечки на линии пути. Точка C (рис. 99) и определяет считаемое место судна в момент траверза. Далее сносят точку C по направлению, противоположному течению, до линии истинного курса в точку B . Расстояние $AB = S_{\text{л}}$ является исходным для всех последующих расчетов, указанных в предыдущей задаче.

§ 53. ОСОБЕННОСТИ ГРАФИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ УЧЕТЕ ДРЕЙФА И ТЕЧЕНИЯ

Сущность совместного учета дрейфа и течения. Во время плавания на судно могут одновременно воздействовать и ветер, и течение. В этом случае оно начинает отклоняться от линии $ИК$ на величину суммарного угла сноса c , представляющего собой алгебраическую сумму α и β (рис. 100), т. е.

$$c = \alpha + \beta \quad (54)$$

Из рис. 100 видно, что $ИК$ и путь, обозначаемый при учете суммарного сноса $ПУ$, связаны между собой зависимостью

$$ПУ = ИК + c. \quad (55)$$

При построении навигационного треугольника с учетом дрейфа и течения необходимо строить три линии — $ИК$, пути от дрейфа и пути от суммарного сноса. Линию $ИК$, как и при учете только дрейфа, достаточно показать короткой стрелкой (2—3 см). Линию $ПУ_{\alpha}$, как направление вектора движения судна относительно воды, и линию $ПУ$ продолжают до прекращения учета суммарного сноса.

Решение прямой задачи. После исправления $КК$ к нему алгебраически прибавляют угол дрейфа α . Полученный $ПУ_{\alpha}$ прокладывают на карте. По линии $ПУ_{\alpha}$ откладывают лаговую скорость $V_{\text{л}}$ (разность отсчетов лага за час плавания, исправленную поправкой лага) или скорость по оборотам $V_{\text{об}}$ и далее строят скоростной треугольник.

Решение обратной задачи. От точки начала учета суммарного сноса откладывают вектор течения и от его конца делают засечку на линии $ПУ$ раствором циркуля, равным $V_{\text{л}}$ или $V_{\text{об}}$. Таким образом получают скоростной треугольник на течении, затем проводят от начальной точки параллельно вектору скорости $V_{\text{л}}$ или $V_{\text{об}}$ линию $ПУ_{\alpha}$, величину которого снимают с карты. Затем от $ПУ_{\alpha}$ вычитают алгебраически угол дрейфа α и получают $ИК$, после чего переводят $ИК$ в компасный для задания его рулевому.

Примеры. 1. $КК = 78,0^{\circ}$. Магнитное склонение, приведенное к году плавания, $d = 5,4 \text{ Ost}$; $\delta = -2,4^{\circ}$; $\alpha = 2^{\circ}$ (л/г). После построения по известным

элементам скоростного треугольника получили $ПУ = 90,5^\circ$. Определить $ИК$, $ПУ_\alpha$, β и c (см. рис. 100).

Решение. Решение производится по следующей схеме:

$$\begin{array}{r}
 КК = 78,0^\circ \\
 + \\
 \delta = -2,4 \\
 \hline
 МК = 75,6^\circ \\
 d = +5,4 \\
 \hline
 ИК = 81,0^\circ \\
 + \\
 \alpha = +2,0 \\
 \hline
 ПУ_\alpha = 83,0^\circ
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 d = +5,4^\circ \\
 + \\
 \delta = -2,4 \\
 \hline
 \Delta МК = +3,0^\circ
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 ПУ = 90,5^\circ \\
 - \\
 ПУ_\alpha = 83,0 \\
 \hline
 \beta = +7,5^\circ \\
 + \\
 \alpha = +2,0 \\
 \hline
 c = +9,5^\circ
 \end{array}$$

2. Задан $ПУ_\alpha = 126,0^\circ$. Рулевой правит по гирокомпасу, $\Delta ГК = -1,5^\circ$; $\alpha = 3,0^\circ$ (пр/г). После построения по известным элементам скоростного треугольника получим $ПУ_\alpha = 130,0^\circ$. Определить α , c , $ИК$, $ГКК$ (рис. 101).

Решение. Решение производится по следующим схемам:

$$\begin{array}{r}
 - ПУ = 126,0^\circ \\
 - ПУ_\alpha = 130,0 \\
 \hline
 \beta = -4,0^\circ \\
 + \\
 \alpha = -3,0 \\
 \hline
 c = -7,0^\circ
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 ПУ_\alpha = 130,0^\circ \\
 - \\
 \alpha = -3,0 \\
 \hline
 ИК = 133,0^\circ \\
 - \\
 \Delta ГК = -1,5 \\
 \hline
 ГКК = 134,5^\circ
 \end{array}$$

Поскольку при плавании судна с учетом суммарного сноса на карте всегда имеются две линии (линия $ПУ_\alpha$, заменяющая линию $ИК$ при учете течения, и линия $ПУ$), графические и аналитические расчеты, связанные с нахождением счислимого места на линии пути, времени и отсчета лага в момент прихода судна в заданную счислимую точку, моментов траверза ориентира, скрытия или открытия маяка ведут так же, как и при учете только лишь течения.

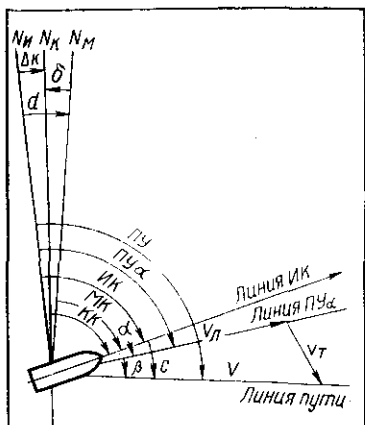


Рис. 100

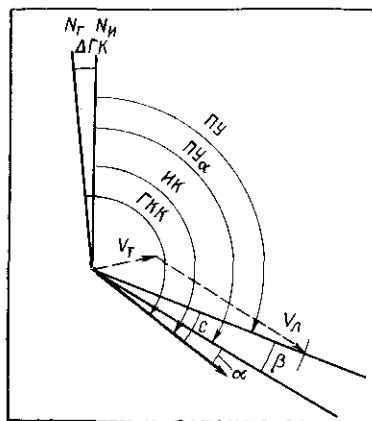


Рис. 101

Необходимо, однако, всегда помнить, что и в случае учета суммарного сноса диаметральной плоскость судна располагается параллельно истинному курсу.

Определение пути судна по пеленгам неподвижного ориентира и времени. Полагаться на достоверность вычисленного угла суммарного сноса можно лишь в известных пределах, поэтому во всех случаях, когда это возможно, штурман обязан принимать все меры для уточнения действительного пути судна.

Наиболее надежная проверка — это по ряду последовательных точных определений места судна при постоянном курсе и скорости. Если элементы сноса одинаковы на данном участке плавания, то прямая, соединяющая места судна, будет линией пути. Угол между линиями истинного курса и пути определит суммарный угол сноса:

$$c = ПУ - ИК.$$

Определить направление пути судна можно и по пеленгам одного неподвижного ориентира. При этом ориентир может быть и не нанесен на карту. Взяв три пеленга на него через произвольные промежутки времени Δt_1 и Δt_2 , прокладывают линии этих пеленгов на свободном месте карты (или на листе бумаги) от произвольно выбранной точки O (рис. 102). На некотором удалении от точки O проводят прямую MM_1M_2 , параллельную линии $ИК$, и на ней откладывают отрезки, пропорциональные соответствующим промежуткам времени, $MA = k\Delta t_1$ и $AB = k\Delta t_2$, где k — произвольно взятый коэффициент пропорциональности (чаще его выбирают близким к скорости судна). Из точек A и B проводят прямые, параллельные первому пеленгу до пересечения со вторым и третьим пеленгами в точках a и b . Прямая, проведенная через эти точки, будет параллельна линии пути судна.

Сущность способа заключается в следующем. Судно при взятии каждого пеленга находится на линии этого пеленга. Следовательно, отрезки проходимого судном расстояния за время Δt_1 и Δt_2 между пеленгами должны вмещаться между линиями пеленгов. Но это произойдет только в том случае, когда эти отрезки расположены в направлении действительного перемещения судна, т. е. по линии пути. Поэтому, если вместили указанные отрезки между линиями пеленгов последовательным подбором направления M, M_1M_2 , то тем самым будет найдено направление пути судна. В общем случае неважно, сокращены эти отрезки или увеличены за счет выбранного коэффициента k . Главное, чтобы это изменение было пропорциональным, так как на основании свойств параллельных прямых, пересекающих угол,

$$\frac{ma}{ab} = \frac{MA}{AB} = \frac{k\Delta t_1}{k\Delta t_2} = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}.$$

Если три пеленга ориентира были взяты через равные промежутки времени, то решение задачи упрощается. На проложенной линии среднего пеленга (рис. 103) наносят произвольную точку M и через нее проводят прямые: MB , параллельную первому пеленгу, и MA , параллельную второму пеленгу, до пересечения с линиями третьего и

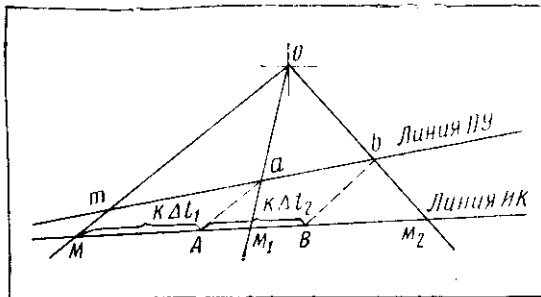


Рис. 102

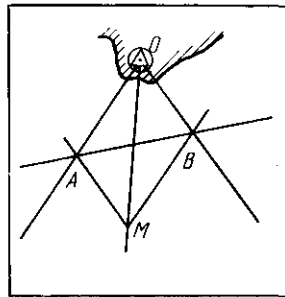


Рис. 103

первого пеленгов. Через полученные точки *A* и *B* проводят прямую, направление которой определяет направление пути судна.

Получив линию, параллельную пути судна, и зная истинный курс, нетрудно найти суммарный угол сноса $c = \alpha + \beta$ по разности

$$c = ПУ - ИК.$$

Для более надежного определения пути судна разность между последовательно взятыми пеленгами не должна быть меньше 30° . Построения рекомендуется делать в возможно крупном масштабе. Практические наблюдения показали, что точность полученного этим способом угла сноса составляет $\pm 1^\circ$.

Если во время плавания в указанном районе отсутствовало течение, то полученный угол сноса определит угол дрейфа судна α . Если не было ветра, а имелось лишь постоянное течение, то определится угол сноса на течении β . Когда элементы сноса за период наблюдений могут значительно изменяться, например, на приливно-отливном течении, рассмотренным способом пользоваться не следует.

§ 54. ТОЧНОСТЬ СЧИСЛЕНИЯ

Точность счисления при плавании без обсерваций. Ошибки счисления, накопленные за время плавания, уменьшаются определениями места судна. Но иногда обстоятельства могут сложиться так, что судно будет длительное время находиться в плавании, не имея определений. Поэтому следует рассмотреть каждый из возможных случаев в отдельности.

Исходными данными для ведения любого счисления является путь судна и пройденное расстояние. Рулевой правит по компасу. Поправка компаса, связывающая истинный и компасный курсы, может быть учтена с определенной ошибкой $\pm e_k^\circ$.

Ошибка в поправке магнитного компаса по экспериментальным данным для 127-мм компасов может составлять $\pm 0,25 - 1,5^\circ$, причем она еще более увеличивается при качке и рыскании судна. У гироскопических компасов величина ошибки может колебаться в пределах $\pm 0,25 - 1,0^\circ$

{ При наличии неучтенной ошибки в поправке компаса судно, вышедшее из точки A (рис. 104), может сместиться вправо или влево от проложенного $ИК$ за счет ошибки в курсе $\pm \epsilon_k^\circ$ по линии AM_1 или AM_2 . Считая, что $AM = AM_1 = AM_2 = S$, можно найти величину бокового смещения судна, считая дуги хордами,

$$MM_2 = MM_1 = S \sin \epsilon_k^\circ,$$

но при малых углах

$$\sin \epsilon_k^\circ \approx \epsilon_k^\circ \text{ arc } 1^\circ = \frac{\epsilon_k^\circ}{57,3^\circ},$$

откуда

$$MM_2 = MM_1 = S \frac{\epsilon_k^\circ}{57,3^\circ}.$$

Для приближенных расчетов можно считать

$$MM_2 = MM_1 = S \frac{\epsilon_k^\circ}{60^\circ},$$

т. е. при ошибке в поправке компаса $\pm 1^\circ$ и при плавании $S = 60$ миль судно может оказаться снесенным правее или левее своего курса на 1 милю.

Ошибка в поправке лага зависит от точности определения самой поправки и от времени, прошедшего с момента определения. Величина этой ошибки $\pm \epsilon_l$ у современных лагов может колебаться от $\pm 0,5$ до $\pm 2,5\%$. В связи с этим ошибка в пройденном расстоянии ΔS , определяемом по показаниям лага, будет соответствовать ошибке в поправке лага $\pm \epsilon_l$ и выразится

$$MC_1 = MC_2 = \pm \Delta S = S \frac{(\pm \epsilon_l)}{100},$$

если $\pm \epsilon_l$ выражена в процентах, и

$$\pm \Delta S = \pm \epsilon_l S,$$

если $\pm \epsilon_l$ выражена в сотых долях коэффициента лага.

Это значит, что в зависимости от знака ошибки $\pm \epsilon_l$ судно может удалиться вперед или назад от счислимой точки M на расстоянии MC_1 или MC_2 соответственно.

При наличии одновременно ошибок $\pm \epsilon_k^\circ$ и $\pm \epsilon_l$, что всегда и бывает на практике, трудно предсказать, в какой именно точке B_1, B_2, D_1, D_2 будет находиться судно в зависимости от сочетания знаков ошибок. Однако с достаточной точностью можно предсказать, что судно будет находиться именно в площади $B_1 B_2 D_2 D_1$.

Для упрощения расчетов около полученной площади $B_1 B_2 D_2 D_1$ описывают окружность и опреде-

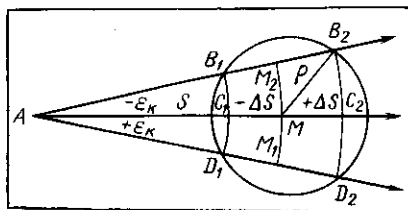


Рис. 104

ляют ее радиус ρ . Принимая треугольник MM_2B_2 за прямоугольный, получим

$$\rho = MB_2 = \sqrt{MM_2^2 + M_2B_2^2} = \sqrt{\left(\frac{S\varepsilon_K}{60^\circ}\right)^2 + \left(\frac{S\varepsilon_{\text{Л}}}{100}\right)^2}$$

или

$$\rho = \frac{S}{600} \sqrt{100\varepsilon_K^2 + 36\varepsilon_{\text{Л}}^2} \quad (56)$$

Если выражать ошибку $\varepsilon_{\text{Л}}$ в сотых долях $K_{\text{Л}}$, то

$$\rho = \frac{S}{60} \sqrt{\varepsilon_K^2 + 3600\varepsilon_{\text{Л}}^2}$$

Таким образом, если не контролировать счисление наблюдениями, судно должно считать себя не в точке M , а внутри окружности радиуса ρ . Площадь, заключенная внутри этой окружности, называется кругом погрешности, а ρ — радиусом круга погрешности.

Если из точки M судно следует дальше, то прокладывают курсы от трех точек B_2 , M и D_2 . На подходе к узкости или фарватеру в плохую видимость, если площадь вероятного местонахождения проходит свободно в указанную полосу фарватера или узкости, можно вести дальше судно прежним курсом. В противном случае необходимо уточнить место всеми возможными способами и только после этого входить в узкость.

Пример. Судно прошло одним курсом 100 миль. Возможные ошибки $\varepsilon_K = \pm 1,0^\circ$ и $\varepsilon_{\text{Л}} = \pm 1\%$. Определить радиус круга погрешности, внутри которого находится вероятное место судна.

Решение.

$$\rho = \frac{100}{600} \sqrt{100 \times 1^2 + 36 \times 1^2} = 0,167 \sqrt{136} = 0,167 \times 11,7 \approx 2 \text{ мили.}$$

Из примера видно, что в благоприятных условиях плавания (при отсутствии дрейфа и течения) ошибка в счислимом месте судна составляет порядка 2% пройденного расстояния.

При наличии дрейфа точность счисления будет определяться еще и ошибками в пути судна $ПУ_{\alpha}$. На судах морского флота дрейф судна в настоящее время определяют с точностью от 1 до 3°. Понятно, что ошибка в учитываемом дрейфе скажется на точности счислимого места.

При ведении прокладки с учетом течения найденные графическим построением или аналитическим решением величины $ПУ_{\beta}$ и V будут всегда иметь ошибки, так как элементы течения известны с некоторыми допущениями. Это, в свою очередь, также приведет к снижению точности счисления.

При неблагоприятных условиях плавания, когда судно находится под воздействием и ветра, и течения, ошибки в определении учитываемых факторов будут суммироваться. В этом случае ошибка в счислимом месте судна увеличится еще больше.

Средние величины ошибок счисления в различных условиях плавания в процентах от пройденного расстояния приведены в табл. 8.

Условия плавания	ρ в процентах от плавания	
	V=10 уз	V=20 уз
При отсутствии дрейфа и течения	±2,0	±2,0
» наличии дрейфа	±3,0	±3,0
» » течения	±4,6	±2,9
» » » и дрейфа	±5,2	±3,7

Из практики судовождения установлено, что вероятное место судна находится чаще не в пределах окружности, а вытянутого вдоль курса эллипса. Это происходит потому, что ошибка ϵ_k^0 , как правило, меньше ошибки ϵ_{Δ} .

При плавании несколькими курсами ρ_0 вероятного счислимого места судна на заданный момент времени определяют по формуле

$$\rho_0 = \pm \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \dots + \rho_n^2},$$

где ρ_1, ρ_2, ρ_n — ошибки счисления, соответствующие каждому курсу плавания.

Точность счисления при наличии обсерваций.

1. При малой длительности плавания (менее 0,5—1 сут) радиус круга погрешности ρ в милях вычисляют по приближенной формуле

$$\rho = a_c t. \quad (57)$$

Величина a_c представляет собой скорость нарастания ошибок счисления по времени и вычисляется по формуле

$$a_c = \frac{\Sigma C_i}{t_j},$$

где ΣC_i — абсолютная величина геометрической суммы векторов невязок, наблюдавшихся за время этапа плавания, мили;
 t_j — время, прошедшее от начала счисления до момента наблюдения последней невязки, ч.

Величина t (ч) представляет собой длительность плавания по счислению.

Пример. Судно в 00^ч00^{мин} имело точную обсервацию, от которой начало плавание по счислению. Были получены три обсервации: в 07^ч00^{мин} — $C_1 = 45^\circ - 2$ мили; в 10^ч00^{мин} — $C_2 = 135^\circ - 3$ мили; в 14^ч00^{мин} — $C_3 = 180^\circ - 3$ мили. Рассчитать радиус круга погрешности на 20^ч00^{мин}.

Решение. Строим геометрическую сумму векторов невязок (рис. 105) и находим величину суммарного вектора

$$C_t = 5,1 \text{ мили.}$$

Рассчитываем a_c по C_i и времени наблюдения невязок t_j , прошедшем от момента начала счисления до момента определения последней невязки,

$$a_c = \frac{5,1}{14} = 0,364.$$

Рассчитываем ρ на $20^{\circ}00'$ шир.

$$\rho = a_c t = 0,364 \times (20 - 14) \approx 2,2 \text{ мили.}$$

2. При длительном плавании. Из практики известно, что при среднесуточной ошибке в счислении 7 — 10 миль средняя ошибка в счислении через 2 сут оказывается равной не 14 — 20 миль, а 10—15, через 3 сут — 12—18 и т. д. Поэтому при длительных переходах в открытом море для вычисления радиуса круга погрешности используют формулу

$$\rho = k_c \sqrt{t'_c} \quad (58)$$

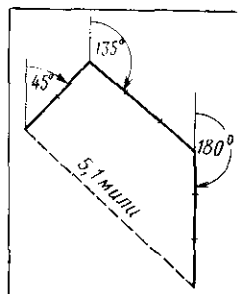


Рис. 105

Величина k_c является коэффициентом точности счисления, она может быть рассчитана по величине невязки после длительного плавания по счислению по формуле

$$k_c = \frac{C}{\sqrt{t'_c}},$$

где C — величина невязки, мили;

t'_c — время плавания от начала счисления до определения места судна, в сутках или долях суток.

Но k_c может быть рассчитан и по нескольким невязкам, если на переходе места судна определялись чаще одного раза. В этом случае

$$k_c = \frac{\Sigma C_i}{\sqrt{t'_c}}.$$

Величина ΣC_i определяется так же, как и в предыдущей задаче.

Величина t'_c представляет собой общую длительность плавания (в сутках).

Пример. Используя данные предыдущего примера, рассчитать радиус круга погрешности через 3 сут плавания после получения последней наблюдения.

Решение. Рассчитываем k_c , выражая t'_c в долях суток:

$$t'_c = 14^c = 0,58 \text{ сут; } k_c = \frac{\Sigma C_i}{\sqrt{t'_c}} = \frac{5,1}{\sqrt{0,58}} = \frac{5,1}{0,76} \approx 6,7.$$

Рассчитываем ρ через 3 сут:

$$\rho = k_c \sqrt{t'_c} = 6,7 \sqrt{3} = 6,7 \times 1,73 = 11,6 \text{ мили.}$$

Величина коэффициентов a_c и k_c зависит от района и условий плавания, оснащённости судна штурманскими приборами, подготовленности судоводителя. Для современного судна они могут находиться в пределах: $a_c = 0,2 \div 0,5$; $k_c = 5,0 \div 10,0$. При этом меньшая величина коэффициента соответствует плаванию в районе с хорошо изученными или незначительными течениями, при уверенном знании угла дрейфа судна, большая — плаванию в районе со слабо изученными течениями и при недостаточно точном знании угла дрейфа.

§ 55. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ

Аналитическое, или письменное, счисление применяется при плавании вдали от берегов, если нет путевых карт или приходится использовать мелкомасштабные карты, во время ледового плавания, а также при решении некоторых частных задач.

Сущность письменного счисления заключается в том, что с помощью соответствующих формул вычисляют разность широт и долгот за время плавания и по ним определяют координаты пункта прихода судна по известным координатам пункта отхода:

$$\varphi_2 = \varphi_1 + PШ; \quad \lambda_2 = \lambda_1 + PД.$$

Формулы письменного счисления позволяют решать и обратную задачу: определить курс и расстояние между двумя точками по их известным координатам. Аналитическое счисление точнее графического, так как в нем исключаются ошибки графических построений. Однако оно менее наглядно.

Для получения формул письменного счисления проложим (рис. 106) от точки A — пункта отхода в точку B — пункт прихода на меркаторской карте курс судна, представляющий собой отрезок локсодромии. Географические координаты пункта отхода φ_1 и λ_1 известны, известно также плавание судна S . Необходимо определить координаты пункта прихода φ_2 и λ_2 . Проведем меридиан пункта отхода A и параллель пункта прихода B и рассмотрим получившийся треугольник ABC .

Стороны AB и AC этого треугольника измеряются в одних и тех же единицах — в морских милях. Причем, чем больше широта района плавания, тем больше линейная длина морской мили. Однако это увеличение происходит пропорционально для обеих сторон AB и AC . Следовательно, перемещение судна в направлении меридиана выражено всегда в одинаковых мерах длины по отношению к плаванию S и может быть найдено простым решением прямоугольного треугольника

$$AC = AB \cos K = S \cos K.$$

Линия AC — это дуга меридиана, заключенного между параллелями пункта отхода и прихода, выраженная в морских милях, и, следовательно, представляет собой разность широт, т. е.

$$PШ = S \cos K. \quad (59)$$

Таким образом, разность широт всегда может быть найдена как произведение плавания на косинус курса.

Что же касается перемещения судна от точки A до точки B вдоль параллели, то подобным решением через плавание S оно найдено быть не может. Дело в том, что плавание S от φ_1 до φ_2 выражается в изменяющихся по линейной величине морских милях, а перемещение судна вдоль параллели CB — в милях, постоянных для данной широты φ_2 . Учитывая свойства меркаторской проекции, становится очевидным, что перемещение судна по линии CB , выраженное в морских милях, будет меньшим (так как в φ_2 линейная величина мили длиннее), а перемещение AF — большим (так как в φ_1 линейная величина мили короче и в одном и том же отрезке их укладывается больше).

Для устранения этого несоответствия поступают следующим образом. Проводят среднюю параллель φ_{cp} (см. рис. 106) между точками A и B , равную

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}.$$

Теперь, если предположить, что уменьшение линейной длины морской мили от φ_{cp} к параллели точки A происходит в той же последовательности и в тех же пределах, что и увеличение ее от φ_{cp} к параллели точки B , то с достаточной для практики точностью можно считать, что и плавание S , и расстояние $C'B'$ между меридианами точек A и B по средней широте выражены в одних и тех же единицах длины. В этом случае величина перемещения судна по параллели от точки A до точки B может быть выражена как

$$C'B' = S \sin K.$$

В аналитическом счислении эта величина получила название *отшествия* (ОТШ):

$$ОТШ = S \sin K. \quad (60)$$

Таким образом, отшествием можно назвать отрезок средней параллели, заключенный между меридианами пунктов отхода и прихода и выраженный в морских милях. Отшествие не является разностью долгот, так как $РД$ выражается в экваториальных милях. Для перехода от отшествия к разности долгот на основании зависимости между длиной экватора и длиной параллели используют формулу

$$РД = ОТШ \sec \varphi_{cp}. \quad (61)$$

Формула (60) не совсем точна. Допущение о том, что отшествие равно длине средней параллели, справедливо лишь для малых широт и при сравнительно небольшом плавании. Более строгие расчеты пока-

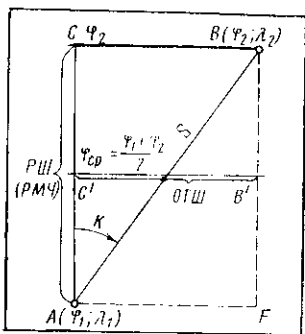


Рис. 106

Простое письменное счисление применяют в том случае, когда судно из пункта отхода до данного счислимого места движется одним и тем же курсом.

Практическое выполнение способа включает в себя:

по *ИК* и плаванию судна *S* из табл. 24 МТ—75 выбрать *РШ* и *ОТШ*;
к широте пункта отхода φ_1 прибавить алгебраически полученную *РШ* и получить широту пункта прихода φ_2 ;

рассчитать среднюю широту пункта отхода и пункта прихода $\varphi_{ср}$;

по средней широте $\varphi_{ср}$ и *ОТШ* из табл. 25-а МТ—75 выбрать *РД*;
к долготе пункта отхода λ_1 прибавить алгебраически рассчитанную *РД* и получить долготу пункта прихода λ_2 .

При длительном плавании в высоких широтах, где небольшие допущения в полученной средней широте могут повлечь за собой существенные ошибки в определяемой *РД* в связи с резким возрастанием значений секанса $\varphi_{ср}$, следует руководствоваться следующими правилами:

по широте пункта отхода φ_1 и широте пункта прихода φ_2 из табл. 26 МТ—75 выбрать меридиональные части $MЧ_1$ и $MЧ_2$ и рассчитать $PMЧ = MЧ_2 - MЧ_1$;

при плавании курсами до 75° (в четвертном счете) для расчета *РД* использовать формулу (63); при плавании курсами от 75 до 90° (в четвертном счете) использовать формулу (61) или (62).

Если судно при плавании пересекает экватор, то:

при небольшом плавании (до 100 миль) *РД* принимать равной *ОТШ*;

при большом плавании рассчитывать отдельно *РД* для северной и южной широт.

Пример. Находясь в точке с координатами $\varphi_1 = 10^\circ 40,0' S$; $\lambda_1 = 60^\circ 22,5' O^{st}$, судно следовало *ИК* = $30,0^\circ$ и совершило плавание 220 миль. Определить координаты пункта прихода φ_2 и λ_2 .

Решение.

1. По плаванию и *ИК* из табл. 24 МТ—75 выбираем *РШ* и *ОТШ*.

<i>S</i>	<i>РШ</i>	<i>ОТШ</i>
100	86,60'	50,00'
100	86,60	50,00
20	17,32	10,00
220	190,52' кN = = $3^\circ 10,5'$ кN	110,00' кO st

2. Рассчитываем φ_2 и $\varphi_{ср}$:

$$\begin{array}{r} \varphi_1 = -10^\circ 40,0' \\ + \text{РШ} = +3^\circ 10,5 \\ \hline \varphi_2 = -7^\circ 29,5' = 7^\circ 29,5' S \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \varphi_1 = -10^\circ 40,0' \\ + \\ \frac{1}{2} \text{РШ} = +1 \ 35,3 \\ \hline \varphi_{ср} = 9^\circ 04,7' = 9^\circ 04,7' S \end{array}$$

3. По *ОТШ* и $\varphi_{\text{ср}}$ из табл. 25-а МТ—75 выбираем разность долгот:

<i>ОТШ</i>	<i>РД</i>
100'	101,2'
10	10,1
110'	111,3' $\text{кО}^{\text{ст}} = 1^{\circ}51,3' \text{кО}^{\text{ст}}$

4. Рассчитываем λ_2 :

$$\begin{aligned}
 & \lambda_1 = +60^{\circ}22,5' \\
 + & \text{РШ} = + 1 51,3 \\
 \hline
 & \lambda_2 = +62^{\circ}13,8' = 62^{\circ}13,8' \text{О}^{\text{ст}}
 \end{aligned}$$

Составное счисление применяют в тех случаях, когда судно приходит к конечной точке несколькими курсами. В составном счислении по табл. 24 МТ—75 находят разности широт и отшествия для каждого курса в отдельности и затем вычисляют их алгебраическую сумму, получая при этом генеральную разность широт (*Ген. РШ*) и генеральное отшествие (*Ген. ОТШ*). Генеральная разность долгот (*Ген. РД*) определяется по средней широте, которая берется как

$$\varphi_{\text{ср}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2},$$

т. е. предполагается, что все отшествия сделаны в одинаковой широте $\varphi_{\text{ср}}$. Такое допущение для большинства практических случаев при плавании в широтах до 60° больших ошибок не дает.

Курс, рассчитанный по *Ген.РШ* и *Ген. ОТШ*, определяющий направление от точки отхода до точки прихода, называется генеральным курсом (*Ген. ИК*), а расстояние по генеральному курсу между этими же точками — генеральным плаванием (*Ген. S*).

Если во время плавания учитывался дрейф, то при расчетах пользуются не истинным курсом, а направлением пути судна ПУ_a .

Действие постоянного течения при составном счислении учитывается как дополнительный курс судна, при этом направление течения принимают за *ИК*, а величину сноса — за плавание. Плавание рассчитывают как произведение скорости течения на время его учета

$$S_T = V_T (T_2 - T_1).$$

При плавании на приливо-отливном течении составляют таблицу направлений и скоростей течений на каждый час плавания. Данные из таблицы используют либо на каждый час плавания, либо отдельно определяют величину результирующего сноса судна за время плавания в районе действия приливо-отливного течения *Ген. S_T* и его направление *Ген. К_T* (рис. 107).

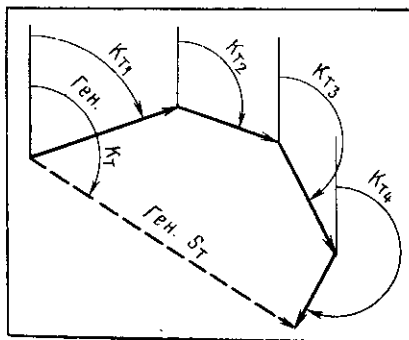


Рис. 107

Для соблюдения последовательности и удобства вычислительной работы при ведении составного счисления необходимо все записи вести по определенной схеме, которая приводится в примере.

Пример. Из точки $\varphi_1 = 30^{\circ}00,0' N$; $\lambda_1 = 170^{\circ}00,0' O^{st}$ судно следовало переменными курсами и было подвержено ветру. В течение $5^h 19^{мин}$ учитывалось течение $225^{\circ} - 2$ уз. На каждом повороте учитывалась циркуляция по промежуточному курсу и d (из табл. 7). Определить координаты места судна в точке прихода.

Решение.

1.

(ГКК) КК	ΔGK (ΔMK)	НК	α	ПУ $_{\alpha}$	S	РШ		ОТШ	
						к N	к S	к O st	к W
260,0°	-2,0°	258,0°	—	—	65,0	—	13,5'	—	63,6'
—	—	309,0	—	—	0,4	0,3'	—	—	0,3
4,5	-4,5	0,0	—	—	30,0	30,0	—	—	—
—	—	11,5	—	—	0,1	0,1	—	0,0'	—
25,0	-2,0	23,0	-3,0°	20,0°	55,0	51,7	—	18,8	—
—	—	57,5	—	—	0,3	0,2	—	0,3	—
94,0	-2,0	92,0	-2,0	90,0	80,0	—	—	80,0	—
Течение		225,0	—	—	10,6	—	7,4	—	7,4
						82,3	20,9	99,1	71,3
						20,9	—	71,3	

Ген. РШ = 61, 4, Ген. ОТШ = 27, 8

$1^{\circ}01,4' \text{ к N} \quad 0^{\circ}27,8' \text{ к O}^{st}$

2.

$$+ \varphi_1 = +30^{\circ}00,0'$$

$$\text{Ген. РШ} = +101,4$$

$$\varphi_2 = +31^{\circ}01,4' = 31^{\circ}01,4' N$$

3.

$$\varphi_1 = +30^{\circ}00,0'$$

+

$$\frac{1}{2} \text{Ген. РШ} = +030,7$$

$$\varphi_{ср} = +30^{\circ}30,7' = 30^{\circ}30,7' N$$

4.

<i>Ген. ОТШ</i>	<i>Ген. РД</i>
20'	23,2'
7	8,1
0,8	0,9
27,8'	32', 2 = 0°32,2' к O st

5.

$$+ \lambda_1 = +170^{\circ}00,0'$$

$$\text{Ген. РД} = +032,2$$

$$\lambda_2 = +170^{\circ}32,2' = 170^{\circ}32,2' O^{st}$$

В общем случае число граф в схеме может быть изменено в зависимости от того, какие данные желательно поместить в нее. Последние восемь граф обязательно должны быть во всякой схеме.

Сложное счисление используют при плавании на больших переходах в широтах более 60° , когда ошибка за счет выбора *Ген. РД* по средней широте может достигать больших значений. В сложном счислении *РД* вычисляют отдельно для каждого курса, а *Ген. РД* получают как их алгебраическую сумму.

В этом случае соблюдается следующий порядок действий:
для данного курса и плавания из табл. 24 МТ—75 выбирают *РШ* и *ОТШ*;

вычисляют последовательно широты промежуточных точек и среднюю широту для каждого курса;

по $\varphi_{ср}$ и соответствующим *ОТШ* из табл. 25-а МТ—75 выбирают *РД* между промежуточными точками [или вычисляют *РД* по формулам (62) или (63)];

по найденным *РД* вычисляют *Ген. РД*, а затем и долготу точки прихода.

§ 58. НЕОБХОДИМОСТЬ ОБСЕРВАЦИЙ И ИХ СУЩНОСТЬ

Как уже отмечалось, ведение только графического или аналитического счисления во время плавания не дает судоводителю полной уверенности в счислимом месте. Возможные ошибки в поправке компаса и лага, недостаточно точное знание элементов течения, затруднения в определении величины дрейфа — все это приводит к значительным отклонениям судна от заданного пути. При плавании в более трудной обстановке, при наличии переменных течений, в свежую погоду точность счислимого места судна еще более снижается.

В то же время навигационная безопасность судна, особенно при плавании вблизи берегов, в стесненных водах зависит прежде всего от точности знания своего места. Поэтому на протяжении всего перехода, чтобы исключить ошибки, судоводитель должен вести систематический контроль счисления с помощью периодических определений места судна по наблюдениям различных ориентиров.

При плавании в океане или открытом море вдали от берегов место судна определяют по небесным светилам или по результатам наблюдений, производимых с помощью радионавигационных систем дальнего действия.

Все более широкое применение находят способы определения места судна по искусственным спутникам Земли (ИСЗ). Плавая вблизи берегов, определяют направления на береговые ориентиры, положение которых точно известно, измеряют углы между ними, расстояния до них.

Для производства наблюдений используют самую разнообразную современную аппаратуру, а наличие новейших технических средств судовождения позволяет использовать береговые ориентиры и на значительном удалении от берега независимо от видимости самих наблюдаемых объектов.

Направления, углы, расстояния, разности расстояний и другие величины, измеренные с целью определения места судна, называются *навигационными параметрами*.

В общем виде решение задач по определению места судна в море по измеренным навигационным параметрам может быть выполнено с помощью математических расчетов на плоскости или сфере. Однако эти методы на практике оказываются довольно трудоемкими и их применяют сравнительно редко. Основными приемами, нашедшими распространение в настоящее время, являются графический и графоаналитический, основанные на понятии линий положения. Обобщенную теорию линий положения разработал проф. В. В. Каврайский.

В навигации *изолинией* называется геометрическое место точек, из которых наблюдатели при равных условиях получают одинаковые величины измеряемых навигационных параметров. Различные навигационные параметры — пеленги, углы, расстояния, разности расстояний дают различные изолинии. В общем случае изолиния — это кривая, но иногда, в зависимости от результата измерения, — окружность, гипербола или прямая линия.

Для обсерваций чаще всего необходимы лишь небольшие отрезки изолиний, поэтому их без особой погрешности можно заменить отрезками прямых, касательными к изолиниям. Касательная к изолинии в данной точке называется *линией положения*.

При определении места судна визуальными способами рассматривают горизонтальный угол, локодромический пеленг и расстояние.

Горизонтальный угол. Если на берегу имеется два хорошо видимых с судна ориентира, то между ними с помощью секстана можно измерить горизонтальный угол α (рис. 108). Так как подобные углы измеряют на расстоянии визуальной видимости, то район измерений может быть принят за плоскость. В этом случае изолиния — окружность, так как все точки ее будут представлять собой геометрическое место точек вершин измеренных углов α , опирающихся на одну и ту же хорду AB . Иными словами, место судна может находиться только на окружности $M_3M_2M_1$ благодаря свойству вписанного угла.

Локодромический пеленг. Визуальный пеленг с судна на ориентир дает изолинию на меркаторской карте в виде прямой (рис. 109). Все наблюдатели, находящиеся на этой линии, будут иметь одинаковые истинные пеленги ориентира A . Изолиния и линия положения в этом случае совпадают, превращаясь в одну прямую, проходящую через судно и ориентир.

Расстояние. Расстояние до ориентира может быть измерено с помощью радиолокатора или секстана. В этом случае изолинией будет окружность, центр которой — место ориентира A (рис. 110). Радиус такой окружности на карте будет равен измеренному расстоянию в масштабе карты. Место судна может находиться в точках M_1, M_2 и

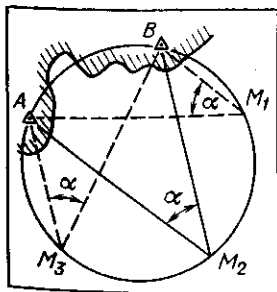


Рис. 108

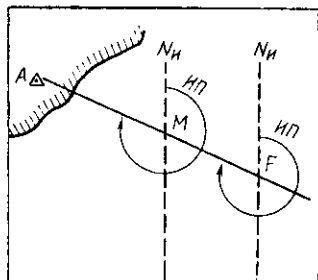


Рис. 109

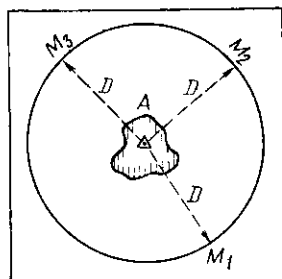


Рис. 110

M_3 , так как все эти точки удалены от ориентира A на одинаковом расстоянии D .

Для точного определения места судна необходимо наличие не менее двух изолиний. Однако в некоторых случаях и одна изолиния может оказать помощь в контроле за положением судна и его перемещением относительно опасностей (см. § 70).

§ 60. ОШИБКИ ПРИ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЯХ

При измерении величин навигационных параметров судоводитель использует различные навигационные приборы и инструменты. Однако каждый из них, как бы тщательно он ни был сделан и выверен, не является абсолютно точным.

Не в достаточной степени совершенны органы чувств и восприятие наблюдателя. Влияют на точность измерений и различные неучтенные или даже неизвестные внешние факторы, недостатки в самих методах измерений. Все это приводит к тому, что любое измерение в море неизбежно сопровождается ошибками. Для изучения ошибок необходимо знать их причины и характер, возможные и допустимые пределы численных значений, а также пути выявления и уменьшения их влияния на полученный результат. Все ошибки измерений по свойствам и характеру своего действия делятся на систематические, случайные и промахи.

Систематические ошибки — это ошибки, величина и направление которых постоянны или изменяются по определенному закону. Их можно изучить и определить по величине и знаку и, следовательно, исключить из наблюдений. Причины происхождения систематических ошибок следующие: неточности в определении поправок приборов и в произведенных регулировках измерительных приборов, изменение поправок приборов за время, прошедшее с момента их определения, нарушение методики пользования приборами, индивидуальные особенности наблюдателей.

Систематические ошибки от погрешностей приборов часто называют инструментальными, а зависящие от индивидуальных особенностей наблюдателя — личными ошибками наблюдателя. Например, один наблюдатель постоянно снимает с прибора несколько завышенные значения, в то время как другой склонен постоянно занижать их. Для исключения систематических ошибок из наблюдений надо:

тщательно изучить и выверить по ряду наблюдений прибор или инструмент;

всеми возможными способами проверять и уточнять поправки приборов, стараясь сделать это по сериям измерений с последующим усреднением полученных результатов;

во всех возможных случаях обрабатывать результаты наблюдений так, чтобы исключалась систематическая ошибка.

Случайные ошибки — это ошибки, вызванные различными внешними причинами, существенно не связанными с проведением данных измерений. Случайные ошибки не подчинены какой-либо определенной

закономерности. Величины и знаки их в каждом наблюдении могут изменяться, их нельзя учесть и устранить. Влияние случайных ошибок наблюдений можно уменьшить, соблюдая следующие рекомендации:

регулярно тренироваться в выполнении навигационных наблюдений, используя для этого самые различные условия состояния моря и видимости ориентиров;

строго выполнять правила и рекомендации по использованию приборов, проявляя особую внимательность и аккуратность при наблюдениях;

по возможности выполнять наблюдения сериями, принимая в дальнейшем их средние значения.

Абсолютно точного подразделения ошибок на случайные и систематические в общем случае произвести нельзя, так как в зависимости от различных условий каждая из них может носить характер «чисто случайной» или «чисто систематической».

Промахи — это грубые просчеты во время наблюдений или при их обработке. Промахи легко обнаруживаются при повторных измерениях или вычислениях. Для предотвращения возможных промахов необходимо быть крайне внимательным и сосредоточенным в процессе измерений, при снятии отсчетов и записи результатов.

Основной характеристикой точности измерений (с учетом влияния только случайных ошибок) в навигации в настоящее время принята *средняя квадратическая ошибка* $\pm m$. В теории ошибок доказывается, что вероятность появления той или иной действительной ошибки в наблюдениях в интервале вычисленной средней квадратической ошибки составляет 68,3%. Это значит, что, если, например, средняя квадратическая ошибка в данных условиях измерения пеленга составляет $m = \pm 1,0^\circ$, то наблюдатель, произведя серию измерений, в 68,3% измерений может получить результаты с ошибкой, не превышающей $\pm 1,0^\circ$, в то время как в остальных измерениях серии эта ошибка может быть и большей.

Наряду со средней квадратической ошибкой для оценки точности измерений применяют предельную ошибку $\Delta_{\text{пред}}$, которую принимают равной $\pm 3m$. Вероятность появления действительной ошибки в интервале $\pm 3m$ составляет 99,7%, т. е. ожидать появления ошибки большей, чем $\Delta_{\text{пред}}$, можно лишь с вероятностью 0,3%. Поэтому измерения с ошибками, превышающими предельную, относят к промахам и отбрасывают. Знать величины $\pm m$ и $\Delta_{\text{пред}}$ и уметь их определять для различных по характеру наблюдений судоводителю необходимо для оценки точности обсерваций.

Наиболее простым методом определения средней квадратической ошибки по серии измерений навигационного параметра является метод размаха. Сущность его состоит в следующем.

На стоянках в порту или на открытом рейде выполняют наблюдения, серии которых состоят не менее чем из пяти измерений выбранного навигационного параметра. Затем по проведенным измерениям определяют размах R — абсолютную величину разности наибольшего

Таблица 9

n	5	6	7	8	9	10	11
k_n	0,430	0,395	0,370	0,351	0,337	0,325	0,315

и наименьшего результатов измерений данной серии. Среднюю квадратическую ошибку одного измерения $\pm m$ вычисляют по формуле

$$\pm m = k_n R.$$

Коэффициент k_n выбирают из табл. 9 в зависимости от числа измерений в серии n . Величину $\Delta_{\text{пред}}$ определяют как утроенный результат найденной средней квадратической ошибки $\pm m$.

Пример. На стоянке с помощью репитера гирокомпаса и оптического пеленгатора измерили серию из семи пеленгов маяка и получили следующие отсчеты: $75,7^\circ$; $75,5^\circ$; $75,3^\circ$; $75,1^\circ$; $75,5^\circ$; $75,8^\circ$; $75,6^\circ$. Определить среднюю квадратическую ошибку одного измерения $\pm m$, предельную ошибку $\Delta_{\text{пред}}$.

Решение. Определяем размах R по наибольшему и наименьшему значениям полученных пеленгов

$$R = 75,8^\circ - 75,1^\circ = 0,7^\circ.$$

Из табл. 9 выбираем k_n по семи измерениям и находим, что

$$\pm m = \pm 0,370 \times 0,7^\circ = \pm 0,259^\circ \approx \pm 0,3^\circ.$$

Рассчитываем предельную ошибку

$$\Delta_{\text{пред}} = \pm 3 \times 0,3^\circ = \pm 0,9^\circ.$$

Этим способом можно рассчитать среднюю квадратическую ошибку для любого вида не изменяющихся в процессе наблюдения измерений: пеленга, радиопеленга, горизонтального или вертикального угла, расстояния по РЛС и др. Способ прост и не требует большой вычислительной работы. Определение средних квадратических ошибок, изменяющихся в процессе наблюдения измерений, достаточно подробно рассматривается в курсе «Мореходная астрономия».

Ориентировочные значения средних квадратических ошибок наблюдения некоторых навигационных параметров приведены в табл. 10.

Таблица 10

Навигационные параметры	$\pm m$
Пеленги и курсы по магнитному компасу с учетом ошибок в склонении и девиации	0,25—1,5°
Пеленги и курсы по гироскопическому компасу	0,25—1,0
Пеленги по корабельному радиопеленгатору	1,0—2,0
Пеленги по корабельному радиолокатору	1,5—2,0
Пройденное по лагу расстояние с учетом ошибок в поправке лага	0,7—1,5%
Расстояние по корабельному радиолокатору	0,6—3,0%
Углы между наземными ориентирами, измеренные навигационным секстаном	1,0—2,0'

Одного навигационного параметра, как бы точно измерен он ни был, для получения места судна недостаточно. Обсервованное место можно получить лишь при наличии не менее двух навигационных параметров, причем линии положения должны пересекаться под каким-то углом θ . Очевидно, что этот угол не может быть 180 или 0° , так как в этом случае линии положения сольются в одну и получить точку, определяющую место судна, будет невозможно. Наиболее благоприятным является положение, когда $\theta = 90^\circ$.

На рис. 111 две линии положения (два пеленга) AP_1 и BP_2 пересекаются под углом θ . В точке их пересечения получается место судна M_0 . Если бы в наблюдениях пеленгов не было ошибок, то истинное место судна можно было бы считать в точке M_0 . Но наличие неизбежных случайных и систематических ошибок в измерениях приводит к тому, что место судна определяется с ошибкой.

И тем не менее можно получить суждение о допустимых пределах этих ошибок, если имеются данные о возможных ошибках производимых измерений. При этом влияние случайных и систематических ошибок будет различным.

Рассмотрим ошибку в определении места судна под влиянием случайных ошибок. Так как появление противоположных по знаку случайных ошибок равновероятно, то равновероятно и смещение Δn каждой линии положения первого и второго пеленгов (см. рис. 111).

Под смещением изолинии понимают ее отклонение в ту или иную сторону от действительного положения, связанное с ошибками наблюдений навигационных параметров. Величину возможного смещения обычно характеризуют с помощью средней квадратической ошибки $\pm m$. Так, величину смещения линии положения пеленга Δn_1 на рис. 111 можно определить по углу отклонения пеленга на величину средней квадратической ошибки $\pm m$ в измерении пеленга данным наблюдателем и расстоянию D от ориентира A до точки M_0 .

$$\Delta n = \pm Dm,$$

где m выражено в радианах. Переходя к градусной мере, найдем

$$\Delta n = \pm \frac{Dm}{57,3^\circ}.$$

В общем случае смещение любой линии положения может быть найдено по формуле

$$\Delta n = \pm \frac{m}{g},$$

где g — коэффициент пропорциональности, или градиент.

Величины градиентов можно отыскать в различных справочных

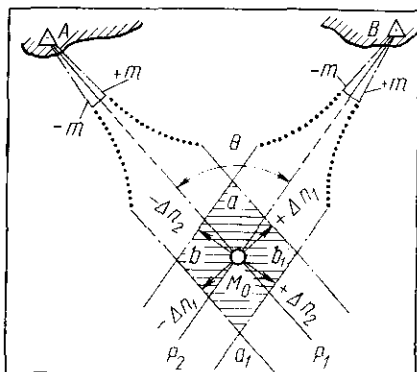


Рис. 111

Измеряемая величина	Градиент g
Пеленг на судно	$\frac{57,3}{D}$
» с судна	$\frac{57,3}{D}$
Горизонтальный угол	$\frac{D \text{ (между ориентирами)}}{D_1 D_2}$
Расстояние	1

пособиях. Основные из них для случаев визуальных наблюдений навигационных параметров приведены в табл. 11.

Итак, если найдены по средней квадратической ошибке наблюдения $\pm m$ смещения каждой линии положения $\pm \Delta n$, то оценить ошибку определения места судна можно площадью aba_1b_1 (см. рис. 111). С точки зрения теории ошибок было бы правильнее использовать для такой оценки вписанный в площадь aba_1b_1 эллипс ошибок как кривую равной вероятности нахождения места судна. Вероятность нахождения места судна внутри такого эллипса невелика и составляет 39%. Для практических целей и для удобства анализа точности обсервации целесообразнее оценивать полученное место судна с помощью средней квадратической ошибки обсервации (точки).

Средняя квадратическая ошибка (иногда ее называют круговой) для оценки точности обсервации по двум линиям положения может быть вычислена по формуле

$$M = \pm \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\Delta n_1^2 + \Delta n_2^2}, \quad (64)$$

где M — радиус окружности, в площади которой находится вероятное место судна;

θ — угол пересечения изолиний (или линий положения);

Δn_1 — величина смещения первой линии положения, кб или мили;

Δn_2 — величина смещения второй линии положения.

В теории ошибок доказывается, что вероятность нахождения места судна в круге радиусом M равна 63—68% в зависимости от величины угла θ , т. е. достаточно высока.

Недостатком оценки точности определения места судна методом средней квадратической ошибки M является то, что она не дает представления о распределении ошибок по направлению. Преимущество заключается в простоте расчетов. Кроме того, формула (64) универсальна для расчета M по двум любым линиям положения.

Для упрощения вычислительной работы судоводителя в условиях мостика созданы специальные таблицы и номограммы, с помощью ко-

торых легко и быстро находят среднюю квадратическую ошибку M обсервованного места судна по соответствующим для данных линий положения аргументам.

Влияние систематических ошибок проявляется иначе. Ни величина, ни знак этих ошибок судоводителю не известны. Но если наблюдения навигационных параметров одного типа производились в равных условиях, то можно полагать, что систематические ошибки $\Delta n_1'$ и $\Delta n_2'$ в каждой из линий положения приблизительно одинаковы и по величине, и по знаку. Поэтому смещение линий положения будет происходить в одном направлении для обеих линий положения, что приведет к смещению обсервованного места в точку M_1 или в точку M_2 (рис. 112). Из этого вытекает, что действие систематических ошибок определяется линейной величиной, а не площадью, как действие случайных ошибок.

Систематические ошибки, если они выявлены, легко исключить из наблюдений, но когда они не известны, то остается только предполагать или ожидать их наличия. Поэтому в дальнейшем будет рассматриваться оценка точности полученных обсерваций только в зависимости от случайных ошибок.

Предполагаемые систематические ошибки совместно со случайными в случае необходимости могут быть учтены графическим способом. Пусть в точке M_0 (рис. 113) находится место судна, полученное по двум пеленгам. Если предполагаемая систематическая ошибка вызывает смещение линий положения $\Delta n_1'$, то смещение положения судна будет найдено в точках M_1 и M_2 . Рассчитав среднюю квадратическую ошибку обсервованного места $\pm m$ в зависимости от случайных ошибок, из точек M_1 и M_2 как из центров проводят окружности радиусом $R = \pm M$. После этого обводят полученные окружности плавной кривой и получают общую площадь вероятного места судна с учетом возможных систематических и случайных ошибок.

Если линии положения разнотипны, то возможный перенос обсервованного места судна за счет предполагаемых систематических ошибок в той и другой линии положения усложняется. В этом случае по-

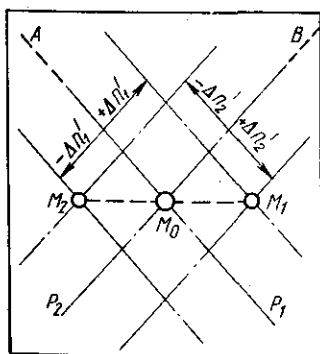


Рис. 112

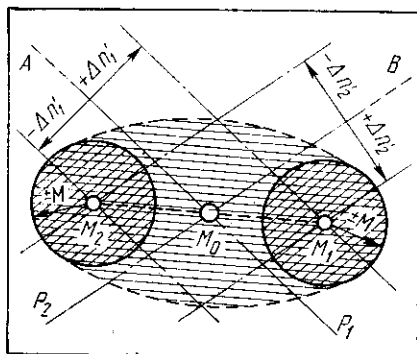


Рис. 113

лучаются четыре точки, из которых как из центров радиусами $R = \pm M$ проводят теперь уже четыре окружности. Огибающая их плавная линия и определяет площадь вероятного нахождения места судна.

Три и более линий положения дают возможность обнаружить систематические ошибки в наблюдениях и устранить их способами, которые будут указаны в следующих параграфах. Поэтому ошибку места судна, полученного по трем линиям положения, рассчитывают обычно только с учетом случайных ошибок.

§ 62. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ДВУМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ УГЛАМ

Пусть на берегу имеются три хорошо видимых с судна ориентира A , B и C , нанесенных на карту (рис. 114). Измерив одновременно секстаном горизонтальные углы α между первой парой ориентиров A и B и β между второй парой B и C , можно проложить на карте две изолинии — окружности, одна из которых вмещает угол α , а другая — β . Так как судно должно одновременно находиться на обеих изолиниях, то место судна найдется лишь в точке M пересечения этих линий. Вторая точка пересечения изолиний B в расчет взята быть не может, так как проходит через маяк.

Определение места судна по двум горизонтальным углам наиболее точное из всех визуальных способов. Это объясняется тем, что углы измеряют секстаном с большой точностью ($\pm 2,0'$).

Для определения места судна по двум углам в качестве ориентиров следует выбирать объекты, расположенные по возможности близко к плоскости истинного горизонта. Объектами, расположенными на вершинах гор, пользоваться не следует. Выбранные объекты должны быть хорошо видны с моря. Если их освещенность различна, то прямовидным следует выбирать тот ориентир, освещенность которого меньше.

При определении, требующих высокой точности, необходимо одновременно измерять углы двумя секстанами. Если во время движения судна углы последовательно определяет один наблюдатель, то в определяемом месте будет накапливаться ошибка за счет неодновременности взятия углов. Эта ошибка может быть уменьшена приемом двукратного измерения первого угла до и после момента измерения второго. Полагая, что на небольшом отрезке времени углы меняются линейно, рассчитывают среднее значение первого угла и получают его величину, соответствующую моменту измерения второго, т. е. если вначале был измерен угол α_1 , затем β , затем α_2 , то к прокладке на карте принимают углы $\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$ и β . Время и отсчет лага записывают в момент измерения второго угла.

Кроме непосредственного измерения секстаном величины углов α и β могут быть вычислены как разности смежных пеленгов трех выбранных ориентиров, взятых в быстрой последовательности по компасу. Большим достоинством этого приема является то, что ошибка

в поправке компаса не оказывает ощутимого влияния на его точность, так как автоматически исключается в процессе вычитания. Однако следует помнить, что рассчитанные этим способом углы α и β менее точны, чем измеренные секстаном.

Практическое нанесение обсервованной точки на карту может быть получено несколькими способами.

Графическое решение. Для построения окружностей, вмещающих углы α и β (см. рис. 114), используют следующий прием.

Точки A , B и C соединяют прямыми линиями и делят эти линии пополам. Через полученные точки N_1 и N_2 восстанавливают перпендикуляры (так называемые линии ориентиров). Затем у ориентира A строят угол $90^\circ - \alpha$, а у ориентира C угол $90^\circ - \beta$. Если углы α и β меньше 90° , то указанные разности будут положительными и углы откладывают в сторону судна (угол α на чертеже), если α и β больше 90° , то разности будут отрицательными и углы откладывают в сторону от судна (угол β на чертеже). Продолжая стороны построенных углов до пересечения с линиями центров, в точках O_1 и O_2 получают центры вмещающих окружностей. Радиусами, равными O_1A и O_2C , из центров O_1 и O_2 проводят короткие дуги окружностей возле счислимой точки и в их пересечении получают обсервованное место. Как видно из чертежа, оно будет находиться в точке M , так как это единственная точка, из которой ориентир A и B видны под углом α , а ориентир B и C — под углом β . В штурманской практике графическое решение используют редко.

Решение с помощью протрактора. Устанавливают крайние линейки на отсчеты измеренных углов α и β . Протрактор накладывают на карту и совмещают скошенные срезы средней и крайней линеек с соответствующими ориентирами на карте. После этого передвигают протрактор так, чтобы скошенный срез третьей линейки прошел через точку третьего ориентира. Когда все три ориентира совместятся со срезами линеек, производят накол на карте с помощью кнопки-фиксатора. Точка накола и является обсервованным местом судна.

Решение с помощью кальки. Если на судне нет протрактора, то место судна по двум углам может быть получено с помощью кальки. Для этого на кальке проводят произвольную прямую, на которой намечают какую-либо начальную точку. От нее откладывают при помощи транспортира левый и правый измеренные углы α и β . Кальку накладывают на карту так, чтобы совместились вначале две стороны одного из углов с точками соответствующих ориентиров, затем перемещают ее до совпадения третьей линии с точкой третьего ориентира. Когда все три линии, нанесенные на кальку, совместятся с точками трех ориен-

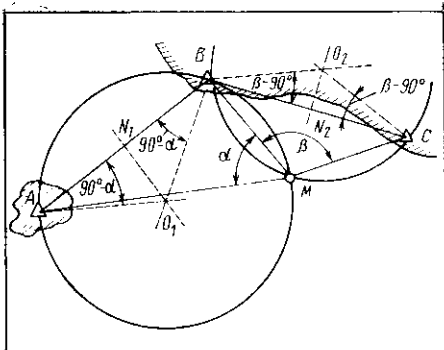


Рис. 114

тиров на карте, нажимают твердым карандашом или делают укол иглой циркуля через начальную точку, являющуюся вершиной построенных на кальке углов. Полученная точка и будет являться обсервованным местом судна. При использовании кальки место судна получается менее точно, чем с помощью протрактора, так как точность построения углов транспортиром ($\pm 0,3^\circ$) значительно ниже, чем протрактором ($\pm 0,1^\circ$).

Практическое выполнение. 1. Выбрать хорошо видимые ориентиры на местности, имеющиеся и на карте.

2. Подготовить к наблюдениям секстаны. Определить или уточнить наиболее точным способом их поправки.

3. При наличии двух наблюдателей одновременно измерить углы между ориентирами. Записать время и отсчет лага. Если имеется один наблюдатель, то в быстрой последовательности измерить первый, второй, затем вновь первый углы. Время и отсчет лага записать в момент наблюдения второго угла.

4. Если первый угол дважды измерялся одним наблюдателем, то рассчитать средний из них как $OC_{cp} = \frac{OC_1 + OC_2}{2}$. Исправить измеренные углы поправкой секстана.

5. Нанести на карту место судна по исправленным углам с помощью протрактора или кальки.

6. Снять величину и направление невязки и обсервованные координаты места для последующей записи в судовой журнал.

Точность способа. Точность места судна, полученного способом двух углов, может быть рассчитана по формуле

$$M = \pm \frac{m_\alpha D_2}{57,3^\circ \sin \theta} \sqrt{\left(\frac{D_1}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{D_3}{a_2}\right)^2}, \quad (65)$$

где m_α — средняя квадратичная ошибка измерения горизонтальных углов, принимаемая в практике равной $0,1^\circ$;

D_2 — расстояние до среднего ориентира;

θ — угол пересечения изолиний, рассчитываемый по формуле

$$\theta = 360^\circ - (B + \alpha + \beta);$$

D_1 — расстояние от обсервации до левого ориентира;

D_3 — расстояние до правого ориентира;

a_1 — расстояние между средним и левым ориентирами;

a_2 — расстояние между средним и правым ориентирами.

Пример. При определении места судна были получены углы $\alpha = 50,0^\circ$ и $\beta = 40,0^\circ$. Расстояния от обсервованной точки $D_1 = 70$ кб; $D_2 = 50$ кб; $D_3 = 80$ кб. Расстояния между ориентирами $a_1 = 55$ кб; $a_2 = 55$ кб. Угол при среднем ориентире $\angle B = 185,0^\circ$. Средняя квадратичная ошибка наблюдателя $m = \pm 0,1^\circ$. Определить радиус круга погрешности полученной обсервации.

Решение.

$$\theta = 360^\circ - (185^\circ + 50^\circ + 40^\circ) = 85^\circ;$$

$$M = \frac{+0,1^\circ \cdot 50}{57,3^\circ \sin 85^\circ} \sqrt{\left(\frac{70}{55}\right)^2 + \left(\frac{80}{55}\right)^2} = \frac{0,1^\circ \cdot 50}{57,3^\circ \cdot 0,996} \sqrt{0,62 + 2,11} =$$

$$= 0,087 \cdot 1,93 = 0,168 \cong 0,17 \text{ кб} \cong 31 \text{ м.}$$

Если в момент измерения углов взять еще и компасный пеленг одного из ориентиров, то после получения на карте обсервованного места и снятия с нее истинного пеленга выбранного ориентира легко получить поправку компаса на данном курсе.

Недостатки способа. Следует отметить трудоемкость наблюдений, особенно в условиях сильной качки и при весьма ограниченной видимости ориентиров ночью. Для его применения необходимо не менее трех ориентиров, что далеко не всегда имеется на местности и на карте. Следует добавить также наличие случаев неопределенности.

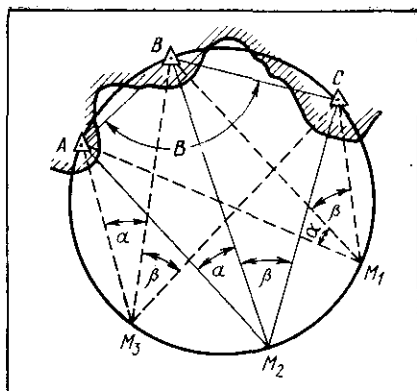


Рис. 115

Случай неопределенности может возникнуть в том случае, если судно в момент измерения углов будет находиться на окружности, проходящей и через три выбранных ориентира (рис. 115). Тогда все вписанные углы, опирающиеся на дугу AB , будут равны α , на дугу BC — β . Вершины этих углов будут скользить по одной и той же окружности, и в этом случае, в какой бы точке M_3, M_2, M_1 ни находилось судно, значения углов α и β будут одинаковы. Для отыскания условий появления случая неопределенности рассмотрим четырехугольник $ABCM_1$, обозначив через B угол между ориентирами при среднем ориентире. Сумма противоположных углов вписанного четырехугольника равна 180° , поэтому будем иметь: $\alpha + \beta + B = 180^\circ$. Отсюда можно сделать вывод: если два измеренных угла α и β и угол при среднем ориентире в сумме равны 180° , то будет иметь место случай неопределенности. Обнаружить это условие нетрудно, так как α и β измерены, а угол B может быть легко снят с карты транспортиром.

Для избежания случая неопределенности рекомендуется, чтобы ориентеры были расположены на одной прямой, средний ориентир был расположен ближе к судну, чем крайние, ориентеры образовывали треугольник, в центре которого находится судно.

§ 63. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО ТРЕМ ПЕЛЕНГАМ

Если на берегу имеются три хорошо видимых ориентира, которые нанесены и на карте, то, взяв пеленги на эти ориентеры и проложив их на карте, можно с большой точностью получить место судна. Для получения места, как известно, достаточно двух линий положения. В данном случае имеется и третья линия, которая используется как контрольная. Предположим, что судоводитель при подходе к берегу неверно опознал ориентеры или ошибся в отсчете взятого пеленга. Имея две линии положения, обнаружить эту ошибку сразу не удастся. Если есть и третья контрольная линия, то она сразу укажет на наличие

промаха. Поэтому всегда, если возможно, необходимо производить обсервацию по трем линиям положения.

Для выполнения способа в быстрой последовательности один за другим берут пеленги на выбранные и опознанные ориентиры. При этом стремятся выбрать их так, чтобы углы между пеленгами на рядом расположенные ориентиры были бы возможно ближе к 60 или 120°. В этом случае точка пересечения линий положения получается наиболее точно. Не рекомендуется иметь углы между пеленгами менее 30 или более 150°. Примерную величину разности пеленгов можно определить на глаз от счислимой точки на карте.

Последовательность и быстрота пеленгования существенно влияют на точность полученного места. Первым следует брать пеленг ориентира, расположенного ближе к диаметральной плоскости судна, т. е. находящегося на более остром курсовом угле. Такой пеленг будет меняться медленнее, чем пеленг ориентира, находящегося на траверзе. Ночью и при плохой видимости последовательность пеленгования следует устанавливать в зависимости от затраты времени на наблюдения. Например, если ночью на траверзе имеется проблесковый маяк с редкими проблесками, а на острых курсовых углах маяки с постоянными огнями, то для сокращения времени пеленгования нужно сначала запеленговать маяк на траверзе, а затем быстро взять пеленги постоянных огней.

При скоростях судна менее 12 уз наблюдения можно принимать выполненными одновременно, если на измерение трех пеленгов затрачено не более 0,5 мин. На более высоких скоростях и на малых расстояниях до ориентиров (2—3 мили) необходимо измерять пять пеленгов на три ориентира в последовательности: первые три пеленга обычным порядком, а затем повторно — пеленги второго и вслед за ним первого. Время и отсчет лага при этом записывают в момент измерения третьего пеленга. Предполагая, что пеленги на небольшом отрезке пути изменяются пропорционально времени, берут средние из отсчетов повторенных пеленгов, считая, что они соответствуют моменту пеленгования третьего ориентира. Таким образом получают:

$$ОКП'_1 = \frac{ОКП_1 + ОКП_5}{2}; \quad ОКП'_2 = \frac{ОКП_2 + ОКП_4}{2};$$

$ОКП_3$ третьего ориентира оставляют без изменений.

Если наблюдения не содержат ошибок и пеленги взяты одновременно, то все три пеленга после проложения их на карте пересекутся в одной точке M (рис. 116), представляющей собой место судна. Однако в силу неизбежного воздействия ряда факторов пеленги обычно не пересекаются в одной точке, а образуют так называемый треугольник погрешности. Причины его появления могут быть следующие.

1. Промахи во взятии отсчета и исправлении пеленгов. Как и любые промахи, они могут быть устранены повторным измерением и расчетом.

2. Ошибки в опознании ориентиров. В этом случае треугольник погрешности получается, как правило, значительным. Если повторное

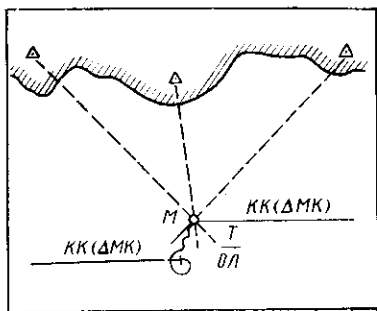


Рис. 116

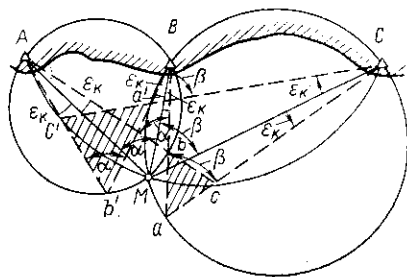


Рис. 117

измерение и прокладка пеленгов приведет к прежнему результату, то следует выбрать другие ориентиры для наблюдения.

3. Случайные ошибки пеленгования и прокладки пеленгов на карте. Наблюдениями установлено, что случайные средние квадратические ошибки пеленгования обычными пеленгаторами при спокойном море бывают $\pm 0,2$ — $0,5^\circ$, а при качке $\pm 0,5$ — $2,0^\circ$. При пользовании транспортом для прокладки пеленгов на карте ошибка оказывается не менее $\pm 0,2^\circ$. Случайные ошибки полностью устранить нельзя. Однако сосредоточенность и повышенное внимание при наблюдениях могут значительно их уменьшить.

4. Ошибки от одновременного взятия пеленгов. Они могут быть исключены правильным выбором очередности взятия пеленгов или приведением их к одному моменту.

5. Ошибки в принимаемой поправке компаса. Такие ошибки носят постоянный характер и могут быть выявлены и уничтожены графическим путем.

Действие ошибки в принимаемой поправке компаса при исправлении и прокладке пеленгов становится понятным из рис. 117. Пусть точка M — истинное место судна, полученное по пеленгам ориентиров A, B, C . Так как все пеленги исправляются одной поправкой компаса, включающей в себя ошибку ϵ_k , они все повернутся на одинаковый угол ϵ_k в одну сторону и образуется треугольник погрешности abc . В нем вершина угла α , образованного пеленгами ориентиров A и B , будет лежать на окружности AMB (точка b), угла β , образованного пеленгами предметов B и C , — на окружности BMC (точка a) и угла $\alpha + \beta$, образованного пеленгами ориентиров A и C , — на окружности AMC (точка c). Если ошибка в принятой поправке компаса ϵ_k будет иметь другой знак, то все пеленги образуют новый треугольник погрешности $a'b'c'$, подобный треугольнику abc по трем углам. Из рис. 117 можно установить, что вершины углов α, β и $\alpha + \beta$ лежат на тех же самых окружностях, что и в случае первого треугольника погрешности. Таким образом, вершины треугольников погрешности вызванных только систематической ошибкой в поправке компаса, будут как бы скользить по окружностям, вмещающим углы между пеленгами. Иначе говоря, каждая изолиния, вмещающая один из углов,

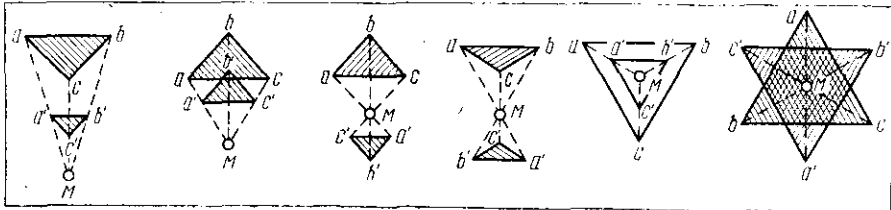


Рис. 118

проходит через соответствующую вершину треугольника погрешности и через истинное место судна M . Это важное положение можно использовать для получения истинного места судна и поправки компаса.

Для этого, изменив поправку компаса на $2-4^\circ$ в ту или другую сторону и проложив на карте вновь исправленные пеленги, можно получить новый треугольник погрешности, подобный первому. Соединив сходственные вершины двух треугольников прямыми линиями, в их пересечении получают искомое место судна. Замена окружностей прямыми линиями приведет к некоторым ошибкам. Однако кривизна самих дуг невелика, как невелики на практике и их отрезки $a'a$, $b'b$, $c'c$, поэтому подобными ошибками можно пренебречь. На рис. 118 приведено наиболее характерное взаимное расположение треугольников погрешности.

Указанный способ получил наименование разгонки треугольника погрешности.

Кроме того, по известным пеленгам предметов A , B , и C можно рассчитать углы между пеленгами и по двум углам получить место судна с помощью протрактора или кальки.

Действительную поправку компаса можно получить после определения истинного места судна. Для этого снимают с карты истинные пеленги ориентиров и, зная их компасные пеленги, рассчитывают значения поправки компаса. Среднее из полученных разностей будет соответствовать искомой поправке компаса. Затем следует повторить определение места судна, чтобы убедиться в правильности принятой к дальнейшему счислению поправки компаса.

К разгонке треугольника погрешности следует прибегать в том случае, если величина его сторон превышает 5 мм в масштабе карты. Если треугольник погрешности имеет меньшие стороны, то в случае равнобедренного треугольника вероятное место судна принимают в его середине. Если треугольник погрешности имеет вытянутую форму с одним или двумя острыми углами, то в этом случае место судна следует принимать в точке, которая находится ближе к коротким сторонам треугольника.

Практическое выполнение. 1. Измерить в быстрой последовательности компасные пеленги видимых и нанесенных на карту ориентиров. Записать момент времени и отсчет лага.

2. При скорости судна более 12 уз и при расстояниях до ориентиров 2—3 мили взять пять пеленгов ориентиров и привести их к одно-

му моменту. Исправить компасные пеленги поправкой компаса по схеме.

3. Проложить исправленные пеленги на карте. Если образуется треугольник погрешности со сторонами не более 0,5 см в масштабе карты, то место судна принимать: для равностороннего треугольника — в центре, для треугольника вытянутой формы — ближе к его коротким сторонам. При больших сторонах треугольника погрешности произвести его разгонку.

4. Снять координаты обсервованной точки, направление и величину невязки для последующей записи в судовой журнал.

Точность способа. Грубой оценкой точности места судна по трем пеленгам может служить площадь треугольника погрешности, размеры которой наглядно характеризуют достоверность полученного места. Радиус круга погрешности может быть рассчитан по приближенной формуле

$$M = \pm \frac{m_{\Pi}}{57,3^{\circ} \sin \theta} \sqrt{D_1^2 (2) + D_2^2 (3)}, \quad (66)$$

где m_{Π} — средняя квадратичная ошибка измерения пеленгов;
 θ — угол между пеленгами ориентиров, близкий к 90° (выбирается между двумя любыми пеленгами независимо от их последовательности);

D_1, D_2, D_3 — расстояния до ориентиров, определяемые выбором угла θ (если угол, близкий к 90° , окажется между первым и вторым пеленгами, то в формулу войдут D_1 и D_2 , если между первым и третьим — D_1 и D_3 , между вторым и третьим — D_2 и D_3).

Пример. Для определения места судна были измерены $ИП_1 = 2,0^{\circ}$; $ИП_2 = 48,0^{\circ}$; $ИП_3 = 140,0^{\circ}$. Расстояния до ориентиров были равны: $D_1 = 60$ кб; $D_2 = 45$ кб; $D_3 = 35$ кб. Средняя квадратическая ошибка измерения пеленгов $\pm 0,5^{\circ}$. Определить радиус круга погрешности полученной обсервации.

Решение.

Выбираем наиболее выгодный угол θ как угол между вторым и третьим пеленгами

$$\theta = 140,0^{\circ} - 48,0^{\circ} = 92,0^{\circ}.$$

Соответственно выбираем расстояния до второго и третьего ориентиров

$$M = \pm \frac{0,5^{\circ}}{57,3^{\circ} \sin 92^{\circ}} \sqrt{(45)^2 + (35)^2} = \frac{0,5^{\circ}}{57,3^{\circ} \cdot 1} \sqrt{3250} = 0,0087 \cdot 56,8 = 0,5 \text{ кб.}$$

Из примера видно, что способ определения места судна по трем пеленгам дает хорошие результаты. Ошибка в 0,5 кб, что составляет около 90 м, несколько завышена, так как приведенная формула упрощена для случая двух пеленгов.

Третий пеленг на 15—20% повышает точность обсервации.

Определение места судна по трем пеленгам при наличии ошибки в поправке компаса становится невозможным, если пеленгуемые ориентиры и место судна находятся на одной окружности. В этом случае, хотя все три пеленга и будут содержать ошибку ϵ_{K_1} или ϵ_{K_2} , пересекутся они в одной точке, и наблюдатель не только не сможет определить место судна, но и обнаружить ошибку в поправке компаса.

Определение места судна по двум пеленгам является наиболее распространенным способом обсерваций, так как в видимости судна во время плавания чаще имеются только два ориентира. Способ прост по выполнению и позволяет получить место судна быстро и достаточно надежно. Однако есть и недостатки, наиболее существенным из которых является полное отсутствие контроля полученной обсервации ввиду отсутствия третьей изолинии. На точность обсервации будут влиять как систематические, так и случайные ошибки, а промахи в опознании ориентиров и во взятии даже одного из пеленгов дадут грубую ошибку в обсервации, сразу заметить которую не всегда удастся. Поэтому измерение и запись пеленгов надо производить особенно внимательно.

На точность полученного места могут влиять следующие причины.

1. Порядок пеленгования и скорость судна. Пеленги двух ориентиров измеряют обычно последовательно один за другим. При большой скорости судна и большом промежутке времени между измерениями пеленги будут взяты не из одной точки, а из разных, в результате чего в обсервованном месте получится ошибка. Эта ошибка наглядно видна на рис. 119. Пусть линия $ИК$ — линия действительного перемещения судна. Если бы пеленги ориентиров были измерены одновременно, то место судна было бы получено в точке M или M' . Если первым в точке M измерен пеленг близкого к траверзу ориентира A , а затем через некоторый промежуток времени в точке M' пеленг ориентира B , то пеленги пересеклись бы в точке M_1 , не совпадающей с линией $ИК$. Если первым в точке M измерен пеленг ориентира B , находящегося ближе в диаметральной плоскости судна, а затем в точке M' пеленг ориентира A , то место судна было бы получено в точке M_2 , также не совпадающей с линией $ИК$.

Обсервацию всегда желательно получить на момент последних наблюдений. При этом условии место судна при одновременном пеленговании будет получено: в первом случае в точке M_1 с ошибкой $M'M_1$ по отношению к действительному месту судна M' , во втором — в точке M_2 с ошибкой $M'M_2$. Из рис. 119 видно, что ошибка $M'M_2$ меньше ошибки $M'M_1$. Отсюда вытекает правило: первыми необходимо пеленговать ориентиры, находящиеся на носовых и кормовых курсовых углах, вторыми — ориентиры, находящиеся на близтраверзных курсовых углах.

В ночное время первым следует пеленговать тот ориентир, на измерение пеленга которого нужно затратить больше времени (например, проблесковый огонь с большим периодом).

При скорости судна до 15 уз пеленги, наблюдаемые в быстрой последовательности в течение 0,5 мин, можно считать измеренными из одного места. Если скорость более 15 уз, то для приведения пеленгов к одному моменту сначала берут пеленг первого предмета $КП_1$, потом второго $КП_2$, а затем вновь первого $КП_3$. Полагая, что за короткий промежуток времени пеленги изменяются пропорционально времени,

сируя моменты времени или отсчеты лага взятия пеленгов. На карте вначале прокладывают только пеленги ориентира A с принимаемой поправкой компаса и определяют путь судна abc , как в случае определения угла сноса по трем пеленгам одного ориентира. Из точек a , b и c прокладывают исправленные той же поправкой компаса пеленги предмета B , в точке пересечения которых отыскивают точку B' . Точки A и B' соединяют, а угол между линиями AB и AB' принимают равным ошибке в поправке компаса, так как именно из-за ошибки в поправке компаса e_k вся фигура $AabcB'$ развернется на угол e_k относительно линии AB . Знак e_k определяется по правилу: если точка B' лежит правее линии AB , e_k имеет знак «плюс», если левее — «минус». Величину поправки компаса определяют по формуле

$$\Delta MK (\Delta GK) = \Delta MK_{пр} (\Delta GK_{пр}) - e_k.$$

Наличие угла сноса на точность этого способа не влияет. Практические наблюдения показывают, что точность определения поправки компаса этим способом около $+1,0^\circ$.

Практическое выполнение способа и вычисление радиуса круга погрешности обсервованного места производятся так же и по той же формуле (66), что и в случае определения места судна по трем пеленгам.

§ 65. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО КРЮИС-ПЕЛЕНГУ

Если в видимости судна только один ориентир, нанесенный и на карту, то наблюдатель, измерив на него вначале один, а затем второй пеленги, получит две линии положения (рис. 124). Обе они не дадут возможности определить место судна, так как не пересекаются в одной точке. Однако оно может быть получено параллельным переносом первой линии по курсу и плаванию на расстояние, которое пройдет судно за время между взятием первого и второго пеленгов.

Пусть KK' представляет собой линию проложенного на карте истинного курса судна. В некоторый момент времени T_1 , когда отсчет лага был ol_1 , измерен на предмет A истинный пеленг AP_1 (см. рис. 124). Через некоторый промежуток времени в момент T_2 , при отсчете лага ol_2 , взят второй пеленг AP_2 того же ориентира. В моменты взятия пеленгов судно, безусловно, должно было находиться на линиях первого и второго пеленгов и, следовательно, расстояние, пройденное судном за время между взятием пеленгов S_d в случае перемещения судна по действительной линии истинного курса, должно было бы вписаться между пеленгами. Когда же проложенный курс судна не совпадает с действительным, то такого вмещения не произойдет. Следовательно, получение места судна может быть выполнено вмещением пройденного расстояния между линиями положения AP_1 и AP_2 параллельно линии истинного курса KK' .

Нанесение места на карту способом крюйс-пеленга на практике может быть осуществлено следующими способами. Из точки места ориентира A на карте (рис. 125) в сторону движения судна проклады-

вают линию Aa , параллельную линии курса. На ней откладывают расстояние $Aa = S_{л}$, пройденное за время между пеленгами, которое может быть получено по разности отсчетов лага,

$$S_{л} = K_{л} (ол_2 - ол_1),$$

или по времени

$$S_{л} = V_{л} (T_2 - T_1).$$

Из полученной (определяющей) точки a проводят перенесенную линию положения параллельно линии первого пеленга. Точка пересечения перенесенной линии положения с проложенной линией второго пеленга и определяет место судна, найденное по крьюйс-пеленгу.

Однако этот прием, хотя он и нагляден, используется редко, так как он требует дополнительных графических построений у ориентира. Кроме того, после нескольких подобных построений на карте может оказаться стертым изображение береговой черты и других подробностей, что нежелательно.

Поэтому более часто на практике используют другой способ, не требующий дополнительных графических построений. При его выполнении для прокладки пройденного судном расстояния $S_{л}$ за время между измерениями пеленгов используется отрезок линии истинного курса, по которому ведут счисление. В этом случае от точки пересечения первого пеленга с линией $ИК$ откладывают по курсу отрезок $S_{л}$ (см. рис. 125) и через полученную точку проводят перенесенную линию положения, параллельную линии первого пеленга, до пересечения с линией проложенного второго. Точка их пересечения и представляет собой место судна в момент взятия второго пеленга. Таким образом, графически как бы осуществляется вмещение пройденного расстояния $S_{л}$ между пеленгами скольжением его по сторонам одного и того же параллелограмма. Графические построения, указанные на рис. 125 пунктиром, на карте отсутствуют.

Место судна, определенное способом крьюйс-пеленга, называется *счислимо-обсервованным местом*. Обозначается оно треугольником.

Практическое выполнение. 1. Измерить первый компасный пеленг хорошо видимого и нанесенного на карту ориентира и в момент пеленгования заметить время и отсчет лага.

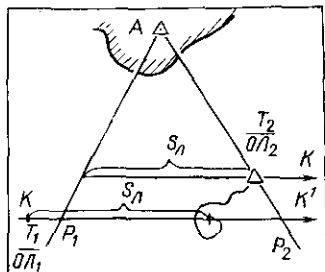


Рис. 124

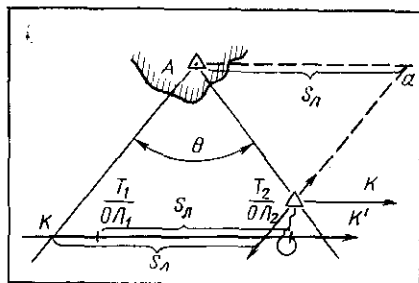


Рис. 125

2. Выждав, когда пеленг на ориентир изменится на $40 - 70^\circ$, вторично измерить пеленг, заметить момент по часам и отсчет лага.

3. Исправить компасные пеленги поправкой компаса и проложить их на карте: первый пеленг в виде засечки на линии $ИК$, второй — в виде короткого отрезка прямой вблизи счислимой точки.

4. Рассчитать пройденное судном расстояние $S_{\text{л}}$ за время между измерениями пеленгов, отложить его от точки пересечения первого пеленга с линией $ИК$ и из конца отрезка $S_{\text{л}}$ провести линию параллельно линии первого пеленга. В точке пересечения этой линии с отрезком второго пеленга нанести счислимо-обсервованное место судна на момент второго наблюдения.

5. Снять координаты обсервованной точки (если место принято к дальнейшему счислению), величину и направление невязки для последующей записи в судовой журнал.

Определение места судна способом крюйс-пеленга при дрейфе отличается от указанного ранее лишь тем, что все графические построения производятся в этом случае по направлению действительного перемещения судна, т. е. не по линии истинного курса, а по линии пути при дрейфе ($ПУ_{\alpha}$). Причем при использовании лагов, жестко связанных с судном (гидродинамические, днищевые, вертушечные), при углах дрейфа α более $8 - 10^\circ$, следует на линии $ПУ_{\alpha}$ откладывать не просто $S_{\text{л}}$, а $S_{\text{л}} \sec \alpha$, так как эти лаги дрейфа судна не учитывают.

Определение места судна способом крюйс-пеленга при наличии течения, элементы которого известны и учитываются непосредственно в самой прокладке, выполняют следующим графическим приемом.

1. От точки A — пересечения линии первого пеленга с линией $ИК$ (рис. 126) проложить пунктиром линию $АС$, параллельную линии $ПУ_{\beta}$.

2. От той же точки A отложить по линии $ИК$ пройденное судном расстояние $S_{\text{л}}$ за промежуток времени между измерениями первого и второго пеленгов, а из полученной точки B — пунктирную линию по направлению течения. В пересечении проведенных линий получить точку C , через которую провести линию, параллельную линии первого пеленга. В точке ее пересечения с линией второго пеленга получить счислимо-обсервованное место судна M .

3. Отложить от точки начала учета течения N по линии $ИК$ пройденное судном расстояние до момента вторых наблюдений (точка K) и снести ее по направлению течения на линию $ПУ_{\beta}$, где получить счислимую точку F . От нее показать невязку к счислимо-обсервованному месту судна M .

Определение места судна способом крюйс-пеленга при наличии дрейфа и течения выполняется при помощи тех же графических по-

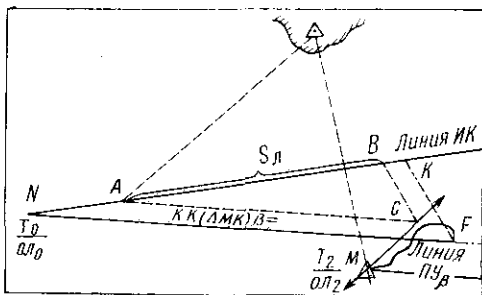


Рис. 126

строений, что и в случае наличия только течения. Различие заключается лишь в том, что пройденное судном за время между пеленгами расстояние $S_{\text{п}}$ откладывают не по линии ИК, а по линии пути при дрейфе ($ПУ_{\alpha}$). Замечания для жестко связанных с судном лагов полностью справедливы и для этого способа.

Точность счислимо-обсервованного места судна зависит от: случайных ошибок пеленгования и графической прокладки на карте; эти ошибки невелики и практически при угле между пеленгами $\theta > 30^\circ$ ими можно пренебречь. В общем случае место судна по крьюс-пеленгу можно получить наиболее точно при $\theta = 40 \div 70^\circ$. Если по условиям плавания угол θ при определении места окажется менее 30° , то такое определение нельзя считать надежным и его не следует принимать к дальнейшему счислению,

неточного значения поправок компаса и лага. Эти ошибки оказывают наибольшее влияние на точность определения места судна. Ошибка в поправке компаса $\pm \epsilon_k^0$ приведет к смещению обеих линий положения, поэтому для уменьшения величины этого смещения необходимо расстояние до ориентира в момент второго пеленга иметь наименьшим, т. е. возможно близким к траверзу. Ошибки в поправке лага $\pm \epsilon_{\text{л}}$ дают ошибку в плавании $S_{\text{п}}$ между моментами пеленгования. Для уменьшения этой ошибки следует промежуток времени между моментами измерения пеленгов иметь по возможности меньшим.

Точность способа. Радиус круга погрешности счислимо-обсервованного места судна, полученного по крьюс-пеленгу, может быть вычислен по формуле

$$M = \pm \frac{1}{57,3^\circ \sin \theta} \sqrt{m_{\text{п}}^2 (D_1 + D_2)^2 + (57,3^\circ \rho_c)^2}, \quad (67)$$

где $m_{\text{п}}$ — средняя квадратичная ошибка наблюдателя в измерении пеленгов;

D_1, D_2 — расстояние до ориентиров по первому и второму пеленгам;

ρ_c — радиус круга погрешности счисления за время плавания между измерениями пеленгов, рассчитываемый по формуле (56), он же может быть выбран из табл. 8 в зависимости от условий плавания в процентах от пройденного судном расстояния;

θ — угол между взятыми пеленгами.

Пример. Для определения места судна способом крьюс-пеленга были получены пеленги $ИП_1 = 82,5^\circ$ и $ИП_2 = 31,0^\circ$. Расстояние, пройденное судном между моментами измерения пеленгов $S_{\text{п}} = 4,2$ мили. На судно воздействовали и ветер, и течение. Определить радиус круга погрешности счислимо-обсервованного места, если расстояние до ориентиров $D_1 = 50$ кб; $D_2 = 45$ кб; $m_{\text{п}}^0 = 0,5^\circ$; скорость $V_{\text{п}} = 10$ уз.

Решение. Из табл. 8 выбираем для $V_{\text{п}} = 10$ уз по условиям плавания $\rho_c = \pm 5,2\%$, что от $S_{\text{п}} = 4,2$ мили составит $\rho_c = \pm 2,2$ кб.

$$\theta = 82,5^\circ - 31,0^\circ = 51,5^\circ.$$

$$M = \pm \frac{1}{57,3 \sin 51,5^\circ} \sqrt{(0,5^\circ)^2 \cdot (50 + 45)^2 + (57,3 \cdot 2,2)^2} = 0,022 \cdot 135 \approx 3,0 \text{ кб.}$$

Способ траверзного расстояния заключается в том, что, взяв первый пеленг на ориентир под каким-либо определенным курсовым углом q_1 (рис. 127), а затем на траверзе ориентира, можно рассчитать траверзное расстояние до него. Курсовой угол q рассчитывают как разность между компасным пеленгом и компасным курсом в момент измерений.

Из прямоугольного треугольника NAM , в котором NM — пройденное судном расстояние за время между измерениями первого и второго пеленгов S_{\perp} , найдем

$$D_{\perp} = S_{\perp} \operatorname{tg} q_1.$$

Чтобы нанести на карту место судна, достаточно от ориентира проложить рассчитанное расстояние D по линии второго (траверзного) пеленга (точка M).

Для упрощения вычислений следует подобрать курсовые углы так, чтобы траверзное расстояние получилось без дополнительных расчетов. Такими углами могут быть:

$q = 45,0^{\circ};$	$\operatorname{tg} q = 1;$	$D = S;$
$q = 63,5;$	$\operatorname{tg} q = 2;$	$D = 2S;$
$q = 71,6;$	$\operatorname{tg} q = 3;$	$D = 3S;$
$q = 76,0;$	$\operatorname{tg} q = 4;$	$D = 4S.$

Выбранные для пеленгования курсовые углы пересчитывают в компасные пеленги и затем, установив пеленгатор на рассчитанный пеленг, ожидают прихода ориентира на нить предметной мишени. В момент прихода ориентира записывают время и отсчет лага. Если ориентир находится с правого борта, то компасные пеленги рассчитывают как

$$ОКП_1 = (КК + q) \pm 180^{\circ}; \quad ОКП_2 = (КК + 90^{\circ}) \pm 180^{\circ};$$

или для гирокомпаса

$$ГКП_1 = ГКК + q; \quad ГКП_2 = ГКК + 90^{\circ}.$$

Если ориентир находится с левого борта, то

$$ОКП_1 = (КК - q) \pm 180^{\circ}; \quad ОКП_2 = (КК - 90^{\circ}) \pm 180^{\circ},$$

или для гирокомпаса

$$ГКП_1 = ГКК - q; \quad ГКП_2 = ГКК - 90^{\circ}.$$

После измерения второго пеленга исправляют его поправкой компаса в истинный и прокладывают на карте. По разности отсчетов лага, замеченных в моменты взятия пеленгов, рассчитывают пройденное расстояние между пеленгами S_{\perp} и откладывают его от ориентира по линии траверзного пеленга.

Для облегчения получения траверзного расстояния по любым значениям курсовых углов q_1 и q_2 можно воспользоваться табл. 30 МТ — 75, рассчитанной по формуле $D_{\perp} = MS_{\perp}$.

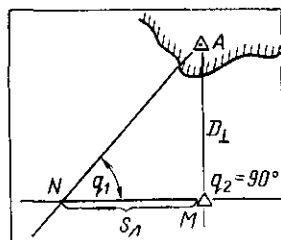


Рис. 127

Аргументами для входа в таблицу служат угол между курсом и первым пеленгом (т. е. q_1) и изменение первого пеленга по отношению ко второму (т. е. угол между первым и вторым пеленгами). Выбранный из таблицы коэффициент умножают на пройденное судном расстояние S_{\perp} за время между измерениями пеленгов и получают величину траверзного расстояния, на котором и будет находиться судно от ориентира в момент его траверза.

Пример. Судно, следовавшее $ГКК = 93,0^\circ$, имело компасные пеленги на ориентир $ГКП_1 = 51,0^\circ$ ($ол_1 = 75,8$) и $ГКП_2 = 1,0^\circ$ ($ол_2 = 78,5$). $\Delta\alpha = +3\%$. Определить траверзное расстояние до ориентира.

Решение. $q_1 = ГКК - ГКП_1 = 93,0^\circ - 51,0^\circ = 42,0^\circ$.

Изменение пеленга

$$ГКП_1 - ГКП_2 = 51,0^\circ - 1,0^\circ = 50,0^\circ.$$

Выбранный из табл. 30 МТ-75 коэффициент равен 0,87.

Пройденное судном расстояние

$$S_{\perp} = 1,03 (78,5 - 75,8) = 1,03 \cdot 2,7 = 2,78.$$

Траверзное расстояние до ориентира

$$D_{\perp} = 2,78 \cdot 0,87 = 2,42 \text{ мили.}$$

Способ двойного угла при ориентире, как и первый способ, дает возможность определить расстояние D до ориентира в момент измерения второго пеленга. Если взять первый пеленг ориентира под каким-то курсовым углом q_1 (рис. 128), а второй при удвоенном его значении $2q_1$, то треугольник NAM , образованный линиями пеленгов и пройденным по курсу расстоянием S_{\perp} , будет равнобедренным (по свойству внешнего и внутренних, не смежных с ним, углов треугольника). Следовательно, расстояние до ориентира в момент взятия второго пеленга D равно в этом случае пройденному судном расстоянию за время между моментами взятия пеленгов.

При практическом выполнении способа измеряют первый пеленг ориентира и замечают момент по часам и отсчет лага. После этого находят курсовой угол q_1 между компасным пеленгом и курсом и заранее рассчитывают отсчет второго пеленга так, чтобы угол между ним и курсом был равен $2q_1$. Дождавшись, когда отсчет пеленга с приходом ориентира на нить предметной мишени станет равен рассчитанному, вновь замечают момент по часам и второй отсчет лага. Затем, проложив

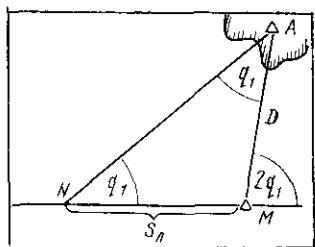


Рис. 128

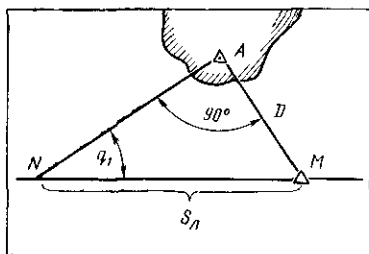


Рис. 129

линию исправленного поправкой компаса второго пеленга, откладывают на ней расстояние $D = S_{\text{п}}$, рассчитанное по разности отсчетов лага или по времени между моментами взятия пеленгов. Полученная точка и будет счислимо-обсервованным местом судна.

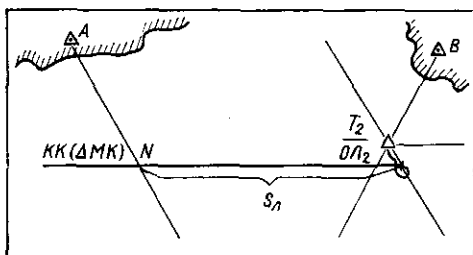


Рис. 130

Способ прямого угла при ориентире заключается в вычислении расстояния D по линии второго пеленга в момент, когда он изменился на 90° относительно первого. Из рис. 129 видно, что для прямоугольного треугольника NAM , составленного линиями пеленгов и пройденным за время между пеленгами расстоянием $S_{\text{п}}$,

$$D = S_{\text{п}} \sin q_1.$$

Если $q_1 = 30^\circ$, то расстояние $D = \frac{1}{2} S_{\text{п}}$, т. е. для упрощения расчетов следует первый компасный пеленг получить по курсовому углу 30° . В этом случае достаточно отложить от ориентира по линии второго исправленного пеленга половину расстояния, пройденного судном за время между моментами взятия первого и второго пеленгов и таким образом получить счислимо-обсервованное место судна.

Для контроля можно для каждого из перечисленных способов рассчитать величину траверзного расстояния по табл. 30 МТ—75 и по нему получить дополнительное счислимо-обсервованное место.

Способ одновременных пеленгов двух ориентиров включает в себя отдельные элементы способа крьюйс-пеленга и применяется тогда, когда вскоре после скрытия за пределы видимости одного ориентира открывается второй. Практически это выполняется следующим образом.

Незадолго до скрытия измеряют пеленг первого ориентира A (рис. 130), записывают время и отсчет лага, а исправленным пеленгом делают короткую засечку на линии истинного курса. После открытия второго ориентира B измеряют его пеленг и записывают T_2 и $оА_2$. Исправленный поправкой компаса второй пеленг прокладывают на карте, после чего рассчитывают пройденное судном расстояние за время между взятием пеленгов $S_{\text{п}}$ и вращают его по линии курса от точки N . Через полученную точку проводят короткий отрезок прямой, параллельной первому пеленгу, до пересечения с линией второго пеленга. В точке пересечения получают счислимо-обсервованное место.

Точность способов зависит от ошибок счисления пути судна, поэтому плавание между взятием пеленгов должно быть по возможности минимальным. Если этот промежуток времени небольшой и угол между пеленгами близок к 90° , то при отсутствии неизвестного течения и ошибок в учете дрейфа способы позволяют получить надежное место.

Графические построения при учете известного дрейфа судна, постоянного течения или совместного их воздействия остаются такими же, как и в общем случае крьюйс-пеленга.

Частные случаи крьюйс-пеленга упрощают расчеты по определению места судна на линии второго пеленга только в том случае, когда нет дрейфа и течения. Но когда на судно воздействуют эти дополнительные факторы, первый и второй курсовые углы необходимо отсчитывать не от диаметральной плоскости судна, а от линии пути. Пройденное расстояние между пеленгами $S_{л}$ также должно соответствовать расстоянию, пройденному по линии пути. Понятно, что при неточно учтенном угле дрейфа и при неизвестных элементах течения счислимо-обсервованные места, полученные с помощью частных случаев, могут иметь существенные ошибки.

§ 67. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ В МОРЕ

Расстояния в море могут быть измерены несколькими методами: дальномерами, секстанами и радиолокатором.

Дальномеры на судах морского флота широкого применения не получили, хотя точность измеряемых ими расстояний в пределах до 10 миль довольно высока. Для визуального измерения расстояний судоводители используют главным образом секстан, с помощью которого вертикальные углы для расчета расстояний могут быть измерены с достаточно высокой точностью.

Предположим, что высота ориентира h над уровнем моря известна (рис. 131). Наблюдатель, находящийся в точке M , измерил вертикальный угол α от уровня воды до вершины ориентира O . Полагая, что глаз наблюдателя находится на уровне моря, из прямоугольного треугольника AOM нетрудно определить расстояние $D = AM$ от основания ориентира до места судна:

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

В условиях плавания угол α обычно выражается в минутах, поэтому следует принять по малости угла, что

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

Тогда

$$D = h \frac{3438}{\alpha'} = 3438 \frac{h}{\alpha'}.$$

Высоты ориентиров на картах и в пособиях всегда даны в метрах, а расстояния на морских картах — в милях. Поэтому формулу необходимо представить в виде

$$D = \frac{3438}{1852} \frac{h_M}{\alpha'} = \frac{13}{7} \frac{h_M}{\alpha'} = 1,86 \frac{h_M}{\alpha'}. \quad (68)$$

Последнее выражение удобно для решения задачи с помощью логарифмической линейки. Если на карте высоты ориентиров даны в футах, то расстояния могут быть вычислены по формуле

$$D = \frac{3438}{6080} \frac{h_{\Phi}}{\alpha'} = \frac{4}{7} \frac{h_{\Phi}}{\alpha'} = 0,57 \frac{h_{\Phi}}{\alpha'}. \quad (69)$$

Высота глаза в этих формулах принимается равной нулю. В действительной обстановке глаз наблюдателя находится на высоте e над уровнем моря, так как все наблюдения производятся с мостика судна. Высота мостика на крупнотоннажных судах не превышает 10—15 м, а несложные теоретические расчеты показывают, что в этом случае ошибка в определяемом расстоянии не превосходит величины высоты глаза наблюдателя. Поэтому поправок за высоту глаза не вводят.

В МТ—75 для нахождения расстояния до ориентира по аргументам h_m и α' имеется табл. 29 «Расстояния по вертикальному углу». Пользование таблицей несложно. Если высота ориентира больше (или меньше) имеющейся в таблице, то ее следует уменьшить (или увеличить) в десять раз, а выбранный из таблицы результат во столько же раз увеличить (или уменьшить). Если измеренная величина угла находится внутри табличных промежутков, то следует произвести интерполирование.

Пример. Высота ориентира $h = 55$ м. Отсчет секстана при измерении вертикального угла $oc = 0^{\circ}12,8'$. Поправка секстана ($i + s$) = $-1,3'$. Определить расстояние до ориентира с помощью МТ—75 и логарифмической линейки.

Решение. Исправляем отсчет секстана:

$$\alpha = oc + (i + s) = 12,8' + (-1,3') = 11,5'.$$

Входим в табл. 29 МТ—75 с аргументом $h' = 50$ м и аргументами $\alpha_1 = 11,0'$; $\alpha_2 = 12,0'$. Выбрав по ним величины 8,4 и 7,7 после интерполяции получаем для $\alpha = 11,5'$ $D_1 = 8,05$.

Для $h'' = 5$ выбранное расстояние можно оставить прежним с уменьшенным результата на десять, т. е. $D_2 = 0,805 = 0,81$. Окончательно получим

$$D = D_1 + D_2 = 8,05 + 0,81 = 8,86 \approx 8,9 \text{ мили.}$$

Гораздо проще задача решается с помощью логарифмической линейки: под отсчетом 55 = h логарифмической шкалы корпуса линейки надо установить отсчет 11,5 = α_1 логарифмической шкалы движка; визир бегунка — на отсчет 1,86 по логарифмической шкале движка и вверх на корпусе линейки читаем ответ — 8,9 мили.

Прежде чем приступить к измерению вертикального угла, необходимо проанализировать расположение ориентира относительно береговой черты, выбрать его высоту между вершиной и основанием или над уровнем моря с карт или из других навигационных пособий. Такой анализ даст возможность правильно подобрать ориентир с целью устранения некоторых возможных ошибок наблюдения.

Если ориентир удален от береговой черты, т. е. они находятся

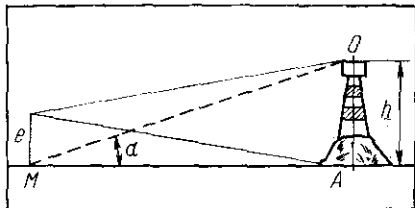


Рис. 131

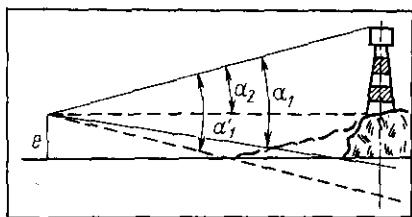


Рис. 132

далеко не на одной вертикали (рис. 132 — пункт), то результат измерений (угол α_1) может быть ненадежным. Надежным он станет тогда, когда расстояние по горизонтали между урезом береговой черты и вертикалью ориентира будет мало и в лучшем случае не будет превышать высоты ориентира, или тогда, когда это расстояние значительно меньше расстояния от береговой черты до места судна (угол α_1).

В морях, имеющих приливы, необходимо учитывать колебания уровня воды у уреза берега (во всех пособиях высоты даются над средним уровнем сизигийной полной воды), поэтому высоту ориентира необходимо исправлять поправкой глубины на момент измерений.

Возможные ошибки, связанные с удаленностью береговой черты и колебаниями уровня, устраняются, если вертикальный угол может быть измерен между основанием и его вершиной (угол α_2).

Для уменьшения влияния случайных ошибок измерений выгоднее определять расстояние по более близкому ориентиру. Если имеется несколько ориентиров, находящихся на одинаковом расстоянии от судна, следует определять расстояние по более высокому. Точность измерения расстояний секстаном невысока. Расстояния до 3 миль измеряются с точностью $\pm 5\%$, для больших расстояний точность снижается.

В настоящее время быстро и надежно измерить расстояние до ориентиров в любых условиях видимости можно с помощью радиолокационных станций (РЛС). Способы использования РЛС в судовождении будут рассмотрены в гл. VIII.

§ 68. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО РАССТОЯНИЯМ

По двум расстояниям. Когда в видимости судна имеются два ориентира *A* и *B* (рис. 133), высота которых известна, место судна можно определить по двум расстояниям, вычисленным по измеренным секстаном вертикальным углам.

Если вертикальные углы измерялись двумя наблюдателями одновременно, то с помощью расстояний D_A и D_B (см. рис. 133) прокладывают две изолинии — окружности с центрами при предметах *A* и *B* радиусами, равными измеренным расстояниям. Место судна получают в точке их пересечения. Если угол между ориентирами близок к 180° , то окружности пересекутся в двух точках, расположенных тем ближе друг к другу, чем меньше величины измеренных расстояний. Но считаемое место или, в крайнем случае, приближенный пеленг легко и безошибочно определяют обсервованное место судна.

Если вертикальные углы измеряет один наблюдатель, то при скорости судна менее 12 уз наблюдения можно принимать выполненными также одновременно, когда на измерение расстояний затрачено не

более 0,5 мин. При этом для уменьшения ошибки, вызванной неодновременным измерением расстояний, первое наблюдение необходимо делать до ориентира, расположенного ближе к траверзу, а затем уже до ориентиров, расположенных на более острых (или тупых) курсовых углах. Эта рекомендация основывается на том, что за небольшие промежутки времени величина траверзного расстояния изменяется значительно медленнее, чем величина расстояния, измеренного до ориентиров на острых (или тупых) курсовых углах. На более высоких скоростях и более длительных промежутках времени между наблюдениями измеряют вначале вертикальный угол одного ориентира, после чего вертикальный угол другого. Затем вновь измеряют первый угол. Средний отсчет первого вертикального угла рассчитывают как полусумму двух его измерений так же, как и в случае двух пеленгов. Время и отсчет лага записывают в момент измерения вертикального угла второго ориентира. После этого исправляют измеренные углы поправкой индекса и определяют расстояние по табл. 29 МТ—75 или с помощью логарифмической линейки.

Угол между намеренными ориентирами следует выбирать так, чтобы он был не меньше 30 и не более 150°. В лучшем случае этот угол должен быть близким к 90°.

При практическом выполнении необходимо следующее:

1. Подготовить секстан к наблюдениям. Определить поправку индекса.

2. Подобрать ориентиры, хорошо видимые на местности и расположенные ближе к береговой черте и судну.

3. При наличии двух наблюдателей измерить одновременно вертикальные углы обоих ориентиров. Записать время и отсчет лага. При наличии одного наблюдателя привести измеренные углы к одному моменту путем повторного измерения первого вертикального угла. Время и отсчет лага записать на момент второго наблюдения.

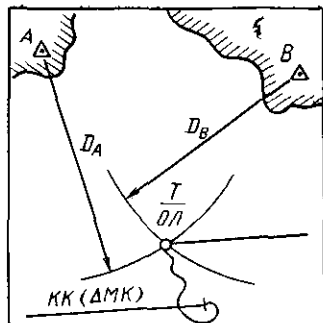
4. Исправить полученные отсчеты секстана его поправкой. Рассчитать расстояния до ориентиров.

5. Радиусами, равными рассчитанным расстояниям, провести от соответствующих ориентиров как из центров дуги окружностей вблизи со счислимым местом. В точке их пересечения получить место судна.

6. Снять координаты обсервованной точки, направление и величину невязки для последующей записи в судовой журнал.

Точность полученной обсервованной точки может быть охарактеризована средней квадратической ошибкой, рассчитанной по формуле

$$M = \pm \frac{1,41m_D}{\sin \theta}, \quad (70)$$



где m_D — средняя квадратическая ошибка измерения расстояния по вертикальному

Рис. 133

углу, измеренному секстаном (принимается равной 5% измеренного расстояния);

θ — угол между направлениями на ориентиры.

Пример. С помощью секстана для определения места судна были измерены два расстояния $D_1 = 35$ кб и $D_2 = 45$ кб (расстояния исправлены поправками). Угол θ между направлениями на ориентиры 60° . Определить среднюю квадратическую ошибку полученной обсервации.

Решение. Рассчитываем m_D , исходя из среднего из измеренных расстояний $D_{cp} = 40$ кб:

$$m_D = \pm D_{cp} \cdot 5\% = \pm 40 \cdot 0,05 = \pm 2 \text{ кб,}$$

и получаем

$$M = \pm \frac{1,41 \cdot 2}{0,865} \approx \pm 3,3 \text{ кб.}$$

По трем расстояниям. Способ определения места судна по трем расстояниями является одним из наиболее надежных и точных, так как наличие третьей изолинии позволяет осуществить контроль обсервации. С появлением на судах РЛС он получил широкое распространение.

В общем случае сущность способа состоит в следующем. Если допустить, что все расстояния измерены одновременно и без ошибок, то проложив их в виде окружностей от соответствующих ориентиров A , B и C (рис. 134), в точке пересечения полученных изолиний находят надежное обсервованное место судна. Однако к одновременному измерению всех трех расстояний прибегают крайне редко. Кроме того, каждое измерение не свободно от наличия в нем как случайных, так и систематических ошибок. Случайные ошибки, особенно при измерении расстояний радиолокатором, обычно малы. Возможные большие систематические ошибки, промахи в измерениях или неверно опознанные ориентиры приведут к значительным ошибкам. Во всех случаях изолинии пересекутся и образуют треугольник погрешности.

Для уменьшения влияния движения судна на точность определения места измерение расстояний стараются производить в быстрой последовательности. Наблюдения выгоднее начинать, как и в способе по двум расстояниям, с ориентира, расположенного ближе к траверзу судна. Для приведения наблюдений к одному моменту измерение расстояний до выбранных ориентиров производят пять раз: вначале измеряют их одно за другим в намеченной последовательности D_1, D_2, D_3 , а затем повторно до второго D_4 и первого D_5 ориентиров. После этого рассчитывают средние из измеренных расстояний до первого и второго ориентиров, считая, что они соответствуют измерению расстояния до третьего ориентира:

$$D'_1 = \frac{D_1 + D_5}{2}; \quad D'_2 = \frac{D_2 + D_4}{2}.$$

Расстояние до третьего ориентира остается без изменений. В момент его

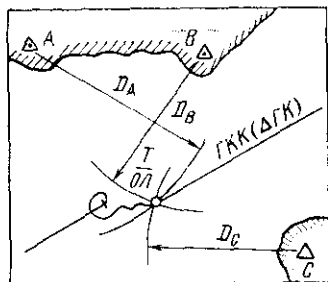


Рис. 134

измерения замечают отсчет лага и время по судовым часам.

Наличие в измерениях только случайных ошибок обычно приводит к появлению небольшого треугольника погрешности. Если его стороны не превышают 5 мм, то вероятное место судна принимают в треугольнике. Большой треугольник погрешности может получиться при наличии систематической ошибки. Полагая, что ошибка измерений одинаково отразится на полученных расстояниях и изолинии будут

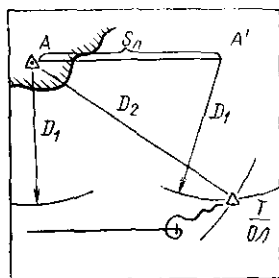


Рис. 135

соответственно этой ошибке одинаково смещены, прибегают к приему разгонки треугольника погрешности, т. е. увеличивают или уменьшают расстояния на величину предполагаемой ошибки измерения и вновь проводят их от ориентиров, в результате чего получают на карте новый треугольник погрешности. Соединив линиями сходственных вершины полученных треугольников, отыскивают вероятное место судна в точке пересечения этих линий. Надо помнить, что в этом случае получаются сферические треугольники и их подобие может оказаться лишь относительным. Поэтому следует быть особенно внимательным при выборе подобных вершин.

Углы между направлениями на предметы с судна стараются выбирать так, чтобы они были не менее 30° и не более 150° . Определение получается тем точнее, чем ближе эти углы к 120° . В этом случае пересечение изолиний будет наиболее удачным.

Точность полученной обсервации, если предположить ошибки измерений приблизительно одинаковыми, может быть охарактеризована средней квадратической ошибкой, рассчитанной по формуле (70). Угол θ между ориентирами при этом выбирается близким к 90° , как и в случае трех пеленгов.

По крьюйс-расстоянию. Если в пределах видимости судна имеется один ориентир, до которого можно каким-либо способом измерить расстояние, а в силу различных причин нет возможности использовать компас для пеленгования, то, измерив последовательно через некоторый промежуток времени два расстояния до него, можно графическим построением получить счислимо-обсервованное место судна. Такой способ определения называется способом крьюйс-расстояния.

Пусть в какой-то момент времени было измерено расстояние D_1 до ориентира A (рис. 135). Через некоторый промежуток времени до него же было измерено расстояние D_2 . От места ориентира A прокладывают курс судна и откладывают на нем плавание судна S_n за время между измерениями расстояний. Полученная точка A' представит собой перенесенное по счислению место маяка. От этой точки как из перенесенного центра радиусом, равным первому измеренному расстоянию D_1 , проводят отрезок окружности рядом со счислимым местом. В пересечении этого отрезка с окружностью радиуса D_2 , проведенной из центра A , получают счислимо-обсервованное место судна.

Если во время измерения расстояний на судно воздействовали ветер или известное течение, то от ориентира откладывают не истинный курс, а путь судна с учетом этих факторов. Угол, измеряемый разностью между направлениями полученных расстояний θ , должен быть не менее 30° и не более 150° . В лучшем случае θ должен быть около 90° .

При практическом выполнении необходимо:

1. Измерить первое расстояние D_1 и заметить момент по часам и отсчет лага.

2. Когда направление на ориентир изменится не менее чем на 30° , измерить второе расстояние D_2 , записать время и отсчет лага.

3. Исправить измеренные расстояния D_1 , D_2 соответствующими поправками.

4. Проложить радиусом, равным второму расстоянию D_2 , из точки наблюдаемого ориентира часть окружности вблизи счислимой точки.

5. От наблюдаемого ориентира провести на карте линию пути судна, на которой отложить расстояние $S_{\text{л}}$, пройденное судном за время между измерениями расстояний.

6. От полученной точки радиусом, равным первому расстоянию D_1 , провести часть второй окружности. В пересечении проведенных окружностей получить счислимо-обсервованное место судна.

7. Снять с карты счислимо-обсервованные координаты, направление и величину невязки для последующей записи в судовой журнал.

Точность способа. Среднюю квадратическую ошибку счислимо-обсервованного места можно рассчитать по формуле

$$M = \pm \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{2m_D^2 + \rho_c^2}, \quad (71)$$

где θ — угол, измеряемый разностью между направлениями на ориентир во время измерений первого и второго расстояний;

m_D — средняя квадратическая ошибка наблюдателя в измерении расстояния;

ρ_c — радиус круга погрешности счисления за время плавания между измерениями расстояний (см. табл. 8).

Пример. Для определения счислимо-обсервованного места судна были измерены с помощью секстана расстояния $D_1 = 38$ кб и $D_2 = 50$ кб (расстояния исправлены поправками). Угол между направлениями измеренных расстояний $\theta = 80^\circ$. Плавание за время между измерениями расстояний $S_{\text{л}} = 5,0$ мили. Скорость судна $V = 15$ уз. Определить среднюю квадратическую ошибку полученного счислимо-обсервованного места. На судне учитывался ветровой дрейф.

Решение. Из табл. 8 по условиям плавания выбираем $\rho_c = \pm 3\%$, что для плавания $S_{\text{л}} = 5$ миль составляет:

$$\rho_c = \pm 5 \cdot 3\% = \pm 5 \cdot 0,03 = \pm 0,15 \text{ мили} = \pm 1,5 \text{ кб.}$$

Рассчитываем m_D из $D_{\text{ср}} = 44$ кб:

$$m_D = \pm D_{\text{ср}} \cdot 5\% = \pm 44 \cdot 0,05 = \pm 2,2 \text{ кб}$$

и получаем

$$M = \pm \frac{1}{\sin 80^\circ} \sqrt{2(2,2)^2 + (1,5)^2} = \pm 3,5 \text{ кб.}$$

§ 69. КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА СУДНА

По пеленгу и расстоянию. Если с судна виден один ориентир, то, измерив каким-либо способом расстояние до него и одновременно взяв пеленг по компасу, можно получить место судна по двум изолиниям — пеленгу и окружности, пересекающимся в одной точке. Из рис. 136 видно, что линии положения пересекаются всегда под углом 90° — это одно из основных достоинств определения.

При одном наблюдателе, когда невозможно одновременно измерить расстояние и пеленг, следует для уменьшения ошибок за счет перемещения судна использовать следующие рекомендации.

При измерении расстояния радиолокатором, когда ориентир находится на курсовом угле, близком к 90° , расстояние изменяется медленнее, а пеленг — быстрее. Поэтому прежде измеряют расстояние, а затем берут пеленг по компасу. Если ориентир находится на курсовом угле, близком к 0 или 180° , то порядок наблюдений может быть выбран обратным.

Когда расстояние рассчитывают по вертикальному углу, измеренному секстаном, то наблюдения всегда следует производить вначале секстаном, а затем сразу же брать пеленг, так как измерения секстаном требуют больших затрат времени, чем взятие пеленга. Снос судна на определение места по пеленгу и расстоянию не влияет.

При практическом выполнении необходимо.

1. Выбрав на местности ориентир, имеющийся и на карте, определить расстояние до него каким-либо способом и в быстрой последовательности взять компасный пеленг. Записать время и отсчет лага.

2. Исправить измеренные пеленг и расстояние соответствующими поправками, проложить их на карте от места ориентира (расстояние — в масштабе карты). В точке пересечения получить место судна.

3. Снять с карты обсервованные координаты, величину и направление невязки для последующей записи в судовой журнал.

Точность способа. Среднюю квадратическую ошибку определения места судна по пеленгу и расстоянию можно рассчитать по формуле

$$M = \pm \sqrt{m_D^2 + \left(\frac{Dm_n}{57,3^\circ}\right)^2}, \quad (72)$$

где m_D — средняя квадратическая ошибка наблюдателя в измерении расстояния;

D — расстояние до ориентира;

m_n — средняя квадратическая ошибка наблюдателя во взятии пеленга.

По пеленгу и горизонтальному углу. Этот способ является разновидностью способа определения места судна по двум пеленгам. Применяется тогда, когда один из ориентиров закрыт для наблюдателя, находящегося у компаса, какой-либо надстройкой судна. В этом случае для получения второй линии положения используют секстан.

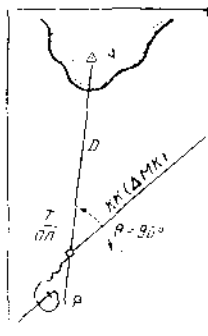


Рис. 136

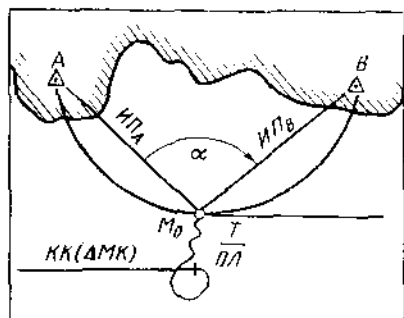


Рис. 137

Сущность способа заключается в следующем. При наличии двух наблюдателей они, по команде наблюдателя с секстаном, одновременно измеряют горизонтальный угол между ориентирами A и B и пеленг на ориентир, который виден наблюдателю у компаса (рис. 137). Если измерения производит один наблюдатель, то вначале он измеряет угол, а затем пеленг видимого от компаса ориентира A . Исправив отсчет компасного пеленга поправкой компаса, а отсчет секстана — поправкой индекса, придают измеренную величину угла α к отсчету истинного пеленга, получая при этом истинный пеленг второго ориентира по формуле

$$ИП'_B = ИП_A \pm \alpha,$$

где α — горизонтальный угол между ориентирами; знак «плюс», если α измерен вправо от линии взятого пеленга, «минус», — если влево.

Место судна получают на карте в точке пересечения линий обоих пеленгов. Угол α следует иметь не менее 30° и не более 150° . В лучшем случае он должен быть близок 90° .

При практическом выполнении необходимо следующее.

1. Измерить секстаном горизонтальный угол между двумя выбранными ориентирами и в быстрой последовательности измерить компасный пеленг на ориентир, который виден наблюдателю от компаса. Записать время и отсчет лага.

2. Исправить компасный пеленг поправкой компаса, а горизонтальный угол — поправкой секстана. Рассчитать истинный пеленг второго ориентира и проложить истинные пеленги от ориентиров, получив место судна в их пересечении.

3. Снять обсервованные координаты, направление и величину невязки для последующей записи в судовой журнал.

Точность способа определения места судна по пеленгу и горизонтальному углу приравнивается к точности обсервованного места, полученного по двум пеленгам. Средняя квадратическая ошибка полученной обсервации может быть рассчитана по формуле (66).

По горизонтальному углу и расстоянию. Способ применяется, когда нет уверенности в принятой поправке компаса или компасом по

какой-либо причине воспользоваться невозможно, а береговые ориентиры хорошо видны и нанесены на карту.

В этом случае необходимо измерить секстаном угол между двумя ориентирами и расстояние хотя бы до одного из них. Угол между ориентирами при работающем компасе может быть рассчитан и как разность компасных пеленгов.

Если для нахождения расстояния оба угла — горизонтальный и вертикальный — измеряют секстаном, то это должны делать два наблюдателя. Если работает один, необходимо вначале произвести то измерение, которое требует меньших затрат времени, после чего второе, а затем вновь повторить первое. Время и отсчет лага в этом случае записывают на момент второго наблюдения, для расчетов первое наблюдение находят как среднее из двух проведенных.

Изолиния — окружность, вмещающая измеренный горизонтальный угол α , и изолиния — окружность, проведенная радиусом измеренного расстояния D от ориентира A (рис. 138), в точке их пересечения позволяют отыскать место судна.

Если измеренное расстояние будет равно диаметру вмещающей угол α окружности, то наблюдения не получится, так как угол между линиями положения $\theta = 0^\circ$. Поэтому расстояние всегда следует измерять до ориентира, расположенного ближе к траверзу.

В условиях плавания построение окружности, вмещающей угол α , на карте не делают. Измеренный угол α строят на кальке. На стороне этого угла, направленной на ориентир, до которого измерялось расстояние, от вершины угла откладывают измеренное расстояние $D = MB$.

Наложив кальку на карту так, чтобы точка B на кальке совпала с ориентиром B на карте, ножкой циркуля прикалывают кальку к этой точке и далее добиваются, чтобы вторая сторона угла прошла через ориентир A .

При практическом выполнении необходимо.

1. Секстаном (или по разности пеленгов) измерить горизонтальный угол между выбранными ориентирами, имеющимися и на карте, и определить расстояние до одного из них. Если наблюдения произведены одновременно, необходимо привести их к одному моменту.

2. На кальке от произвольной точки нанести измеренный угол, по соответствующей стороне которого отложить от вершины измеренное расстояние D в масштабе карты.

3. Наложить кальку на карту так, чтобы конечная точка отложенного на кальке расстояния D совпала с ориентиром на карте, до которого измерялось расстояние. Ножкой циркуля приколоть точку на кальке к точке ориентира на карте. Развернуть кальку так, чтобы вторая сторона угла прошла через другой ориентир. Обсервованное место наколоть на карту проколом вершины угла, нанесенного на кальку.

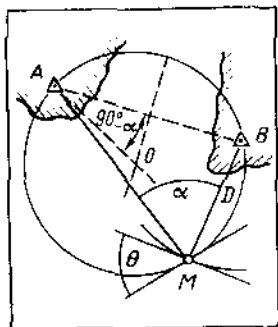


Рис. 138

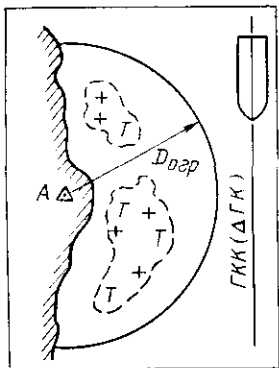


Рис. 140

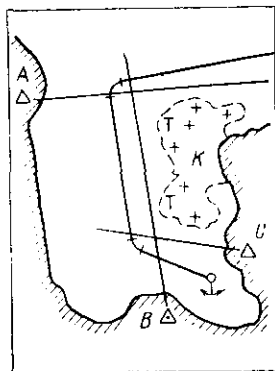


Рис. 141

дающую изолинию, а когда этот угол начнет увеличиваться, то следует немедленно принять все необходимые меры для уклонения от опасности вплоть до дачи заднего хода до тех пор, пока отсчет измеряемого горизонтального угла не станет равен вычисленному. И только после этого можно повернуть на выбранный для дальнейшего следования курс.

Ограждающее расстояние (ограждающий вертикальный угол) применяется в тех случаях, когда на берегу есть один хорошо видимый ориентир, высота которого известна. Для определения величины ограждающего расстояния $D_{огр}$ (рис. 140) из точки A , места ориентира на карте, описывают окружность радиусом, который необходим для обеспечения прохода судна мимо опасности с учетом еще некоторой части свободной воды. Этот радиус в масштабе карты и определит величину ограждающего расстояния, ближе которого подходить к берегу нельзя.

Если на судне есть радиолокатор, то наблюдения ведут по нему, используя для этой цели ориентир с ярко выраженным эхо-сигналом. Когда для измерения расстояния используют секстан, то рассчитывают максимальный вертикальный угол α' по формуле

$$\alpha'_{\max} = \frac{13}{7} \frac{h_m}{D_{огр}}.$$

Исправив найденный α'_{\max} поправкой секстана с обратным знаком, устанавливают на рассчитанную величину его отсчет. При прохождении мимо выбранного ориентира заданным курсом измеряют вертикальный угол на ориентир. Пока измеренный угол остается меньше рассчитываемого отсчета секстана, расстояние до ориентира больше ограждающего. Если измеренный угол станет равным или больше, то это значит, что судно вышло на ограждающую окружность или вошло внутрь нее. Тогда принимают все меры предосторожности, названные в первом случае.

Ограждающий пеленг широко используется в судовождении в тех случаях, когда с судна можно наблюдать только один ориентир, рас-

положенный близко от направления его диаметральной плоскости. С этой целью прокладывают на карте истинный пеленг выбранного ориентира так, чтобы он ограждал навигационную опасность с некоторым запасом чистой воды от нее. Поправкой компаса переводят его в компасный пеленг и в дальнейшем постоянно следят за тем, чтобы величина пеленга не отличалась от рассчитанной в сторону его изменения к опасности. Если нет уверенности в принятой поправке компаса, то компасный пеленг изменяют в сторону от опасности на величину предполагаемой ошибки в поправке компаса.

На рис. 141 судну для безопасного прохода к месту якорной стоянки необходимо обогнуть отмель *К*. Проложив соответствующие ограждающие пеленги от ориентиров *А*, *В* и *С*, в дальнейшем надо постоянно следить, чтобы компасные пеленги не превышали рассчитанной величины. Повороты на новый курс выполняют после пересечения следующей ограждающей линии пеленга. В ночное время ограждающими пеленгами служат границы между секторами различных по цвету огней одного и того же маяка. Эти границы обычно показаны на картах.

Иногда при наличии даже нескольких ориентиров, когда в связи с быстро меняющейся обстановкой нет времени прокладывать пеленги на карте, предпочтительнее использовать ограждающий пеленг, так как он дает немедленный ответ о безопасности.

При приеме сигналов ночью на пространственных волнах (расстояние до станций около 500 миль) средняя квадратическая ошибка обсервации составила бы

$$M = \pm \frac{0,01 \cdot 10}{0,865} \sqrt{(21)^2 + (79)^2} \simeq 9,4 \text{ мили.}$$

При наличии на судне радионавигационной карты средняя квадратическая ошибка места судна или эллипс ошибок могут быть получены графически непосредственно на карте способом, указанным для радионавигационных карт секторных радиомаяков (см. рис. 173). Величины переносов от изолиний, в пересечении которых находится место судна, по значению ошибки m , определяются интерполяцией промежутка между нанесенными на карте соседними изолиниями.

Для уменьшения ошибок отсчетов, полученных при приеме пространственных и совмещенных поверхностных и пространственных волн, следует осереднить отсчеты, произведенные в течение 2—4 мин. Наибольшей величины ошибки достигают в периоды восхода и захода Солнца.

При использовании приемоиндикаторов, реализующих импульсно-фазовый метод, достигается высокая точность определения места судна, практически независимо от времени суток. При этом ошибка определения места судна на расстояниях до 1000 миль не превышает 300 м.

§ 86. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА СУДНА С ПОМОЩЬЮ ИСЗ

Вопросы навигационного использования ИСЗ приобрели практический смысл сразу после запуска первого советского ИСЗ 4 октября 1957 г. Научно-технические изыскания показали, что наиболее перспективными методами определения координат морских судов по наблюдениям ИСЗ являются радиотехнические методы, позволяющие полностью автоматизировать получение и обработку навигационной информации в судовых условиях. С их помощью оказывается возможным измерять и вычислять направления и расстояния от судна до навигационного ИСЗ доплеровским, интерференционным, радиолокационным и другими методами. В настоящее время достаточно разработан теоретически и получил практическое применение только доплеровский метод.

Основными преимуществами навигационной системы с использованием ИСЗ являются ее глобальный характер, возможность применения единой методики обсерваций в любых условиях плавания и повышенная (по сравнению с астрономическими методами) точность определений.

Идея определения координат места судна в море по наблюдениям ИСЗ заключена в следующем. Координаты ИСЗ на любой момент времени известны с большой точностью и постоянно уточняются наземной системой станций слежения за орбитами ИСЗ. Имеющаяся на судне специальная радионавигационная аппаратура позволяет определить рас-

стояние до спутников или разность расстояний между судном и спутниками на основе доплеровского сдвига частот.

При использовании дальномерного метода для получения координат судна необходимо произвести измерение не менее двух расстояний между судном и спутниками. Измеренным дальностям соответствуют сферические поверхности положения, центры которых совпадают с координатами ИСЗ. При этом место судна определяется как точка пересечения двух полученных поверхностей с поверхностью Земли. Неоднозначность в определении координат может быть устранена путем использования данных счисления.

При использовании разностно-дальномерного метода для определения координат судна необходимо произвести не менее двух измерений разностей расстояний между судном и спутниками, образующими отдельные базы навигационной системы. Путем измерения разностей расстояний могут быть найдены параметры поверхностей положения — гиперболоидов, фиксированных относительно баз системы. Место судна будет определено как точка пересечения поверхностей положения с поверхностью Земли. Неоднозначность и в этом случае устраняется путем использования данных счисления.

Возможно использование комбинированного метода, основанного на измерении разности расстояний от двух спутников и дальности до одного из них. Место судна в этом случае определяется как точка пересечения трех поверхностей положения: гиперболоида, сферы и поверхности Земли.

Радионавигационная система с использованием ИСЗ включает следующие основные части:

бортовое оборудование спутника;

наземную систему станций слежения за ИСЗ;

судовую систему обработки навигационной информации.

На рис. 177 приведена структурная схема этой системы. Бортовое оборудование спутника *б* состоит: из приемника *7*; вычислительного и запоминающего устройства с шифратором *8*; передатчика *9*; генератора ведущей частоты *10*.

В запоминающем устройстве спутника записана орбитальная информация, которая с постоянно излучаемой ведущей частотой через определенные промежутки времени передается в пространство. Сигналы спутника принимаются одной из наземных станций слежения *1*, в зоне действия которой он находится.

Эта станция передает их в вычислительный центр *2*, где с помощью ЭВМ по скорости, направлению движения спутника и доплеровскому сдвигу частот вновь определяются и уточняются элементы его орбиты. Уточненная с учетом полученных поправок орбитальная информация (прогнозируемые элементы орбиты) передается периодически на спутник одной из наземных станций слежения, так называемой станцией ввода *3*. Прием, передача и прохождение сигналов контролируется радиостанцией эталонного времени *5* и аппаратурой единого времени *4*.

На спутнике эта информация принимается приемником *7* и записывается запоминающим устройством *8*, после чего совместно с ведущей

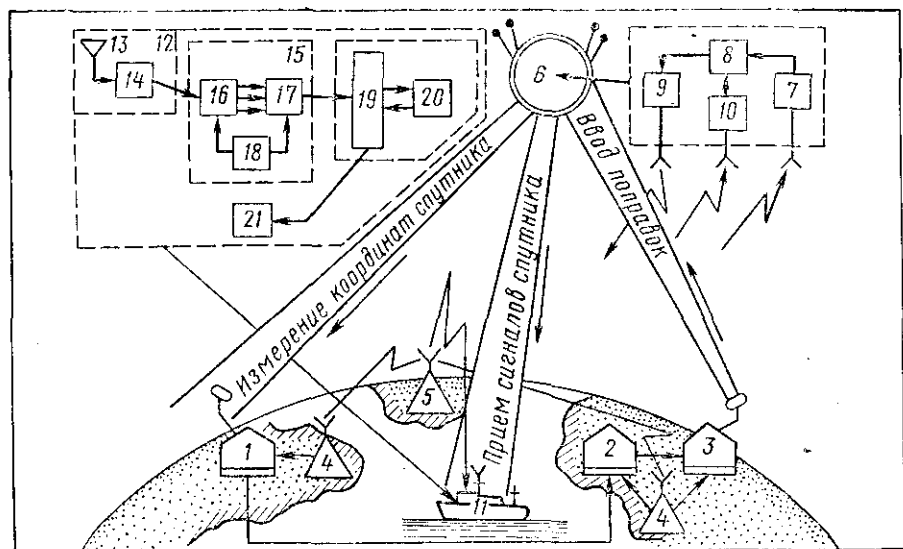


Рис. 177

частотой через короткие интервалы (несколько минут) вновь передается с ИСЗ.

Судовое навигационное оборудование 11 для приема и обработки информации, получаемой с ИСЗ, состоит из антенного устройства 12, включающего в себя антенну 13 и предусилитель 14; навигационного приемника 15, в котором совмещены приемное устройство 16, дешифрующее и декодирующее устройство 17 и генератор опорной частоты 18; вычислительной машины 20 с устройством ввода-вывода 19; пульта отражения навигационных данных 21.

Параметры орбиты, сигналы точного времени и сигналы непрерывного излучения ведущей частоты через антенное устройство поступают в навигационный приемник, где происходит их разделение и частичное восстановление. Декодирующее устройство 17 дешифрует и преобразует их в двончный код и подает через устройство ввода-вывода на вычислительную машину. При этом для выделения доплеровских сигналов с генератора опорной частоты в приемник и дешифратор подаются колебания стандартной частоты высокой стабильности.

Вычислительная машина по заданной программе определяет навигационные параметры и обсервованные координаты места судна в море. Полученные результаты выводятся на пульт отображения навигационных данных.

Таким же образом навигационная информация может быть получена и от других спутников. Та или иная программа, заданная вычислительной машине, определит метод вычисления координат судна по данным ИСЗ.

Из работающих в настоящее время подобных систем можно назвать американскую систему «Транзит».

§ 87. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ «ТРАНЗИТ»

Навигационная спутниковая система (НСС) «Транзит», называемая также NNSS и NAVSAT, является разностно-дальномерной системой, основанной на использовании при измерениях навигационных параметров эффекта Доплера. Основными достоинствами НСС «Транзит» по сравнению с береговыми РНС являются:

глобальная зона действия, охватывающая практически все районы земного шара;

высокая точность навигационных определений, не зависящая от погодных условий и времени суток;

простота обслуживания и использования судовых приемоиндикаторов.

Система «Транзит» состоит из шести ИСЗ, наземной службы, включающей в себя координационно-вычислительный центр, обсерватории времени, синхронизирующую работу всех компонентов системы, четыре станции слежения и две станции ввода данных и судовых приемоиндикаторов с ЭЦВМ. ИСЗ запущены на полярные орбиты с периодом обращения вокруг Земли около 107 мин на высотах порядка 1075 км. Зона радиовидимости спутников с судна составляет 3600 миль.

Излучаемые ИСЗ сигналы содержат сообщение, постоянно передаваемое каждые 2 мин. В него входят сигналы синхронизации, опознавательные сигналы, данные о параметрах своего движения по орбите. Обновление данных в памяти электронно-цифровой вычислительной машины (ЭЦВМ) спутника производится каждые 12 ч. ИСЗ передает сигналы на двух частотах $f_1 = 150$ МГц и $f_2 = 400$ МГц, что позволяет измерять доплеровское смещение частоты также на двух частотах. Измерение доплеровского сдвига частоты (ДСЧ) на двух частотах позволяет значительно уменьшить ионосферные ошибки.

Определения места судна по ИСЗ возможны при прохождении спутника в зоне прямой радиовидимости. Максимальная продолжительность радиовидимости, и следовательно, возможная длительность измерений его сигналов для навигационных целей составляет 16 мин, наименьшая продолжительность наблюдений, необходимая для получения места,— 6 мин.

Измерения производятся определением величины ДСЧ за определенный интервал времени, который может составить от 24 до 120 с. По результатам измерений на каждом интервале определяется разность расстояний от текущего места судна до точек нахождения ИСЗ в моменты начала и конца измерений. Всего за сеанс прохождения спутника может быть получено от 8 до 40 разностей расстояний и, следовательно, определено столько же изолиний (пересечений гиперболоидов вращения с поверхностью Земли) положения судна. После приведения полученных данных к одному моменту (на рис. 178 показаны отрезки изолиний), к началу или концу измерений, определяют географические координаты места судна.

Однако на практике не всегда получают это теоретически возможное число линий положения. Опыт использования системы показал,

что, когда спутник находится вблизи зенита или у горизонта, слабый сигнал его передатчика теряется на фоне помех, а в последнем случае возможно также и многократное отражение сигнала водной поверхностью. Поэтому «ненадежные» параметры исключаются и отрабатываются только те изолинии, которые были получены при видимой высоте ИСЗ от 15 до 75°.

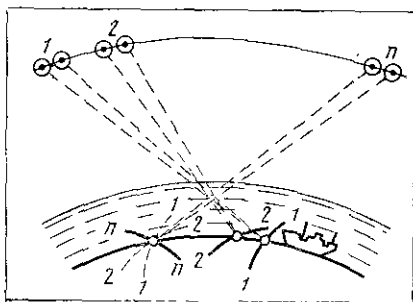


Рис. 178

Часть сигналов может быть не принята из-за резко выраженных помех, например молнии, нарушения синхронизации и других причин, что также может привести к потере определенного числа линий положения. Минимальное число линий положения, необходимое для получения места судна, при различных интервалах измерения ДСЧ составляет от 3 до 15.

В общем случае каждый спутник позволяет получить в одном и том же районе четыре обсервации в сутки. Так как спутников шесть, то в зависимости от широты района плавания место судна можно определять со следующей дискретностью: в $\varphi 90^\circ$ — через 27 мин, $\varphi 60^\circ$ — 36 мин, $\varphi 30^\circ$ — 68 мин, $\varphi 0^\circ$ — через 79 мин.

Приемоиндикаторы, применяемые на судах в настоящее время, подразделяются на одно- и двухканальные. Одноканальные работают на частоте 400 мГц. Они более просты по устройству, но обеспечивают меньшую точность в определении места судна. Двухканальные одновременно принимают сигналы на частотах 150 и 400 мГц. Эти приемоиндикаторы способны обеспечить определение места судна с ошибками, не превышающими нескольких десятков метров.

Обработка сигналов в любом приемоиндикаторе производится с помощью ЭЦВМ, входящей в состав бортового оборудования. Требуемый объем памяти ЭЦВМ составляет примерно 4 тыс. слов. Для выдачи получаемых результатов применяют либо печатающее устройство (телетайп), либо цифровой электронный индикатор (дисплей). Чтобы определить место судна, необходимо ввести в ЭЦВМ программу (интервал измерений ДСЧ дается обычно на перфоленге или в магнитных кассетах; в некоторых приемоиндикаторах она постоянно введена в ЭЦВМ), дату, $T_{гр}$, $\varphi_с$, $\lambda_с$, скорость и курс судна, высоту антенны над поверхностью референц-эллипсоида (берется из специальной карты-схемы земной поверхности). Указанные данные могут быть введены вручную, печатаются на ленте телетайпа или высвечиваются на дисплее.

После ввода указанных данных приемоиндикатор находится в дежурном режиме. После прохождения спутника и решения задачи ЭЦВМ на индикаторе выдаются данные об обсервации.

Выдаваемая индикатором информация может быть различной, но при этом обязательно указываются: $T_{гр}$, φ_0 , λ_0 и качество обсервации. Результаты навигационных определений могут быть выданы по запросу судоводителя или автоматически с заданной дискретностью.

		DRT	0016
LAT	N	31	20,885
LOX	W	60	12,424
		GMT	145012
R	1998,0		B 75,2
SM	18,0		HA 74,6

Рис. 179

Если точность обсервации «по мнению» ЭЦВМ недостаточна, то после долготы печатаются слова «not used error» («не использовано, ошибка») с указанием причины в виде цифрового кода. Если несмотря на прием сигналов ИСЗ обсервация не получена, печатаются слова «no fix error» («обсервации нет, ошибка») с указанием причины.

2. На дисплее приемоиндикатора МХ-902А после обсервации по ИСЗ показана информация (рис. 179).

Она означает следующее: обсервация получена 16 мин назад, $\Phi_0 = 31^{\circ}20', 885''N$, $\lambda_0 = 60^{\circ}12', 424''W$, настоящее время $T_{гр} = 14^h50^m12^s$, от данной точки до заданной расстояние по дуге большого круга 1998,0 миль, ортодромический курс $75,2^{\circ}$, скорость, установленная вручную, 18 уз, ГКК = $74,6^{\circ}$.

Если нужны данные о качестве обсервации, нужно по специальной команде вызвать на дисплее обсервованные координаты. При этом будут показаны: максимальная угловая высота h_{max} при пролете спутника, число расчетов линий положения и число принятых к определению линий положения, невязка со счислимым местом. По этим данным можно судить о качестве обсервации.

В промежутках между обсервациями в ЭЦВМ ведется автосчисление с выдачей счислимых координат через заданные интервалы времени и рассчитывается курс и расстояние для плавания по ортодромии или локсодромии.

В целом, благодаря использованию в приемоиндикаторах НСС «Транзит» ЭЦВМ и их сопряжению с гирокомпасом и лагом, НСС «Транзит» по существу представляет собой комплексную систему, способную автоматически решать следующие навигационные задачи:

- программирование пути судна по локсодромии и ортодромии;
- непрерывное счисление пути судна по данным о курсе и скорости;
- дискретное определение координат места судна с высокой точностью по данным ИСЗ;

дискретное определение параметров сноса судна и его учет при счислении пути;

контроль за фактическим перемещением судна относительно запрограммированного пути с выдачей данных о боковом смещении с траектории и о курсе для выхода в конечную точку.

Оценка точности определения места судна по НСС «Транзит». Как видно, при использовании НСС «Транзит» характер работы штурмана носит совершенно иной характер, чем при использовании любых других навигационных средств. Определение места и целый ряд громоздких расчетов полностью автоматизированы. Но за судоводителем остается самое важное, чего никакая ЭЦВМ сделать не может: оценка

Примеры. 1. На ленте телетайпа приемоиндикатора МХ-902-2 напечатано следующее:

SATFIX 79.01.04 1215 46°02,5' N 044°10,4 W.

Quality 04 DRIFT 06 355,5° SPEED 14,5 210,8°.

Запись означает следующее: определено место по НСС «Транзит», 4 января 1979 г., $T_{гр} = 12.15$, $\Phi_0 = 46^{\circ}02,5'N$, $\lambda_0 = 44^{\circ}10,4'W$, качество обсервации—4 (обсервации хорошего качества оцениваются цифрами от 00 до 20), снос со скоростью 0,6 уз по направлению $355,5^{\circ}$, $V = 14,5$ уз, $IK = 210,8^{\circ}$.

результата обсервации и принятие решения по управлению движением судна в условиях окружающей обстановки.

Точность определения места судна при помощи НСС «Транзит» зависит от целого ряда факторов, из которых (чье влияние может быть устранено или в значительной мере снижено судоводителем) основными являются следующие.

Ошибка в знании скорости судна, вводимой в ЭЦВМ вручную или автоматически, а также неточное знание скорости течения приводят к ошибкам в определении разности расстояний во время сеанса наблюдения спутника и, следовательно, к ошибкам в определении линии положения. При этом ошибка по долготе всегда больше ошибки по широте, что вытекает из свойств НСС, как гиперболической РНС с перемещающейся базой, совпадающей с меридианом (спутники находятся на полярных орбитах). Так, при ошибке в меридиональной составляющей скорости судна ошибка в долготе обсервованного места может достигать 200—300 м на каждый узел ошибки скорости.

Измерение навигационных параметров системой производится, как известно, одновременно с последующим приведением их к одному моменту. Поэтому более правильным было бы принять, что для движущегося судна место, полученное по НСС «Транзит», будет не обсервованным, а счислимо-обсервованным, т. е. любая ошибка в счислении за время сеанса определения места (продолжительность которого может быть 16 мин) увеличивает ошибку обсервации.

При определении места судна по НСС за модель Земли принимается эллипсоид вращения, в то время как в действительности она — геоид. Геоидную высоту в качестве поправки выбирают и вводят в ЭЦВМ из специальной карты-схемы, которая прилагается к каждому приемоиндикатору. При ошибке в высоте антенны 20 м ошибка в определении места судна по долготе получается порядка 40 м. Геоидная высота изменяется в Атлантическом океане от +68 до —68 м, Тихом — от +79 до —64 м, Индийском — от +45 до —99 м. Как видно, эти величины значительные, поэтому своевременный ввод в ЭЦВМ правильно выбранных поправок является необходимым. Таковую поправку достаточно, в зависимости от района плавания, вводить 1—2 раза в сутки.

В общем случае при исправно работающих курсоуказателе и лаге, поправки которых известны и постоянно проверяются и уточняются, точность определения места судна по НСС «Транзит» при использовании одноканального приемоиндикатора составляет ± 120 м, при использовании двухканального точность примерно в 2—3 раза выше.

§ 88. СУДОВЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ

Судовые радиолокационные станции относятся к азимутально-дальномерным РНС. Они позволяют измерить как расстояния до объектов, так и направления на них.

Работа РЛС основана на свойстве электромагнитных волн отражаться от различных объектов. Радиопередатчик вырабатывает мощные импульсы энергии и через определенные промежутки времени с помощью

специального передающего антенного устройства излучает их в пространство узким направленным лучом. Отраженная от объектов энергия принимается приемным антенным устройством, которое также обладает резкой направленностью. Это позволяет с большой точностью определить направление на объект, а также увеличить дальность действия РЛС за счет того, что энергия не рассеивается в других направлениях.

Импульсный способ излучения энергии позволяет определить и расстояние до отражающего объекта. Для этого необходимо измерить промежутки времени между посылкой импульсов и возвращением их после отражения. Обозначив его через t , а скорость распространения радиоволн через c , можно вычислить расстояние до объекта

$$D = \frac{ct}{2}.$$

Практически при использовании РЛС расстояние D не вычисляют, а измеряют на экране индикатора — электронно-лучевой трубке.

Достоверность и точность информации, получаемой с помощью РЛС, зависит от тактико-технических данных станции. Рассмотрим подробнее наиболее важные из них с точки зрения навигационного использования судовых РЛС.

Дальность действия станции и обнаружения объектов. Современные РЛС работают на волнах сантиметрового диапазона, которые, подобно световым лучам, распространяются прямолинейно, но имеют более выраженные явления дифракции и рефракции. Дифракция позволяет радиоволнам двигаться по несколько изогнутому пути, следуя кривизне земной поверхности. Рефракция радиоволн, как и рефракция световых лучей, увеличивает дальность радиолокационного горизонта, которая для РЛС выражается формулой

$$D_p = 2,393\sqrt{H},$$

где D_p — дальность видимости радиолокационного горизонта, мили;
 H — высота антенны РЛС над уровнем моря, м.

В действительности дальность действия радиолокационной станции может оказаться иной. Коэффициент 2,393 соответствует нормальному состоянию атмосферы в отношении распределения температуры в ее нижних слоях. В районах с относительно теплой поверхностью моря и холодными массами воздуха чаще наблюдается уменьшение дальности. В ясную погоду, особенно в тропиках, вблизи берегов, наоборот, можно ожидать ее увеличения. Поэтому приведенная формула дает возможность получить лишь приближенное значение фактической дальности действия РЛС.

Если отражающий объект имеет высоту h над уровнем моря, то геометрически дальность, при которой его можно обнаружить по РЛС, определится формулой

$$D_p = 2,393(\sqrt{H} + \sqrt{h}).$$

D_p можно найти, пользуясь табл. 22 МТ—75, как D_e или D_n с последующим умножением результата на коэффициент 1,15.

Пример. Найти радиолокационную дальность видимости объекта, если $h = 100$ м, $H = 20$ м.

Решение. Из табл. 22 МТ—75 находим:

$$\begin{array}{r} + D_e = 9,3 \text{ мили (по } e = H = 20 \text{ м)} \\ + D_h = 20,8 \text{ мили (по } h = 100 \text{ м)} \\ \hline D_{\Sigma} = 30,1 \text{ мили.} \end{array}$$

Тогда $D_p = 1,15 D_{\Sigma} = 34,6$ мили.

Формула может быть решена и с помощью логарифмической линейки. Последовательность действий по линейке остается такой же, как и в случае определения визуальной дальности видимости горизонта или предметов. Разница состоит лишь в том, что вместо коэффициента 2,08 необходимо употребить коэффициент 2,393.

Однако дальность видимости объектов, находящихся в пределах радиолокационного горизонта, будет зависеть еще и от силы отраженного сигнала. Отражающая способность объекта зависит главным образом от его размеров и формы, а также от характера его поверхности. Гладкая поверхность дает зеркальное отражение. Поэтому спокойное море почти невидимо на экране индикатора. Гладкий лед, пологие склоны айсбергов, песчаных дюн, пляжей и другие подобные объекты можно обнаружить только в непосредственной близости от судна. Большинство встречающихся в практике объектов (суда, берега, поросшие лесом и кустарником, скалы и т. д.) имеют шероховатую поверхность, которая отражает энергию пришедших сигналов по всем направлениям.

Зависимость эхо-сигналов от формы объектов выражается величиной площади, нормальной к пришедшему лучу. Так, например, эхо-сигнал, отраженный от плоской, нормальной к радиолучу плоскости, будет в двенадцать раз сильнее, чем от шара той же площади.

Теоретический расчет дальности обнаружения реальных объектов чрезвычайно сложен. Ниже приведены приблизительные значения дальности обнаружения (в милях) некоторых объектов с помощью современных РЛС ($H = 15$ м, $\lambda = 3$ см).

Суда:	крупнотоннажные	10—20
	водоизмещением около 1000 т. плавмаяки	6—10
	рыбачьи	3—9
	небольшие деревянные	1—4
Буи:	большие	3—4
	средние	2—3
	малые	1—2
	с пассивным отражателем	6—8
	холмы и горы	15—40
Скалы	Для скал с высотой более 60 м может достигать 20 миль
Низменный песчаный берег		1—5
Причалы, волноломы		5—10
Отдельно расположенные маяки		5—10
Морские волны		До 4

Минимальная дальность действия РЛС — это то наименьшее расстояние $D_{\text{мин}}$, при котором облучаемые объекты еще отражаются на экране РЛС.

Для большинства РЛС $D_{\text{мин}}$ обычно лежит в пределах

$$0,7 \text{ с } \tau < D_{\text{мин}} < 1,4 \text{ с},$$

где c — скорость распространения радиоволн (300 000 км/с);

τ — длительность импульса (0,1—1,0 мкс).

Обычно минимальная дальность действия РЛС составляет 30—80 м.

Так как эта характеристика имеет очень важное значение при плавании в узкостях, при швартовке, в условиях ограниченной видимости, рекомендуется определять ее опытным путем. В качестве объекта наблюдений используют судовую шлюпку. Наиболее просто такие наблюдения могут быть проведены во время стоянки судна.

На шлюпку заводят тонкий мерный линь с маркировкой через 2—5 м, который по ходу движения шлюпки можно беспрепятственно отпускать или подбирать с судна. Шлюпка движется вначале в направлении от судна. В это время наблюдатель у РЛС, индикатор которой включен на шкалу наиболее крупного масштаба, внимательно наблюдает за экраном. В момент, когда на экране появится эхо-сигнал шлюпки, он измеряет расстояние до нее с помощью РЛС и подает команду, по которой замечают курсовой угол шлюпки по компасу и расстояние по маркированному линю.

После получения первого эхо-сигнала шлюпка проходит некоторое расстояние в прежнем направлении, а затем изменяет свой курс на 120° — 140° влево или вправо. Когда она постепенно приблизится к судну и пересечет границу $D_{\text{мин}}$, ее эхо-сигнал на экране РЛС вновь исчезнет. В этот момент опять снимают два расстояния и курсовой угол до нее. Далее шлюпка снова меняет свой курс так, чтобы постепенно удаляться от судна.

Наблюдения повторяют таким образом до тех пор, пока шлюпка не обойдет вокруг судна.

Все измерения проводят по команде наблюдателя у РЛС. Результаты измерений следует обрабатывать на миллиметровой бумаге. Точки появления и потери эхо-сигналов по измеренным расстояниям и курсовым углам наносят относительно ДП судна и соединяют плавной линией. Эта линия укажет в принятом масштабе границы зоны минимальной дальности действия РЛС. Иногда эту зону называют мертвой. Попутно такие наблюдения дают возможность обнаружить ошибки станции в измерениях малых расстояний.

Полученный план мертвой зоны вывешивают обычно вблизи индикатора РЛС.

Теневые секторы — это секторы радиолокационного горизонта, в которых облучение объектов и получение их изображения не всегда возможно вследствие затенения радиолокационного луча различными судовыми устройствами (мачтами, трубами и т. д.).

Положение теневых секторов очень важно знать при плавании в узкостях, при оценке и подборе наиболее выгодного расположения

ориентиров, по которым намечено производить определение места судна, в районах большого скопления судов.

Границы теневых секторов наиболее удобно определять во время небольшого волнения. Это делается непосредственно по экрану РЛС, на котором они рельефно вырисовываются как темные участки на общем светлом фоне волнения. С помощью неподвижной шкалы электронно-лучевой трубки легко выявляется направление их границ в градусах от диаметральной плоскости судна.

Теневые секторы по их границам наносят обычно на план мертвой зоны.

Разрешающие способности РЛС. Важными техническими характеристиками РЛС, от которых зависит степень детализации радиолокационного изображения, а также его сходство с местностью, являются:

разрешающая способность по углу (PCY), которая оценивается минимальным углом между двумя объектами, расположенными на одинаковом расстоянии, при котором оба объекта на экране РЛС видны еще раздельно;

разрешающая способность по дальности (PCД), равная минимальному расстоянию между предметами, расположенными на одном пеленге, при котором оба объекта видны еще раздельно.

Теоретически можно считать, что PCY должна быть равна ширине диаграммы направленности антенного устройства, которая для каждой РЛС выражается горизонтальным углом θ . PCД должна быть равна половине длительности излучаемого импульса, умноженной на скорость распространения радиоволн, так как, только начиная с половины длительности импульса, антенна включается на прием. Однако радиолокационное изображение рисуется на экране электронно-лучевой трубки электронным лучом, образующим в месте удара об экран пятно диаметром 0,6—0,8 мм. Поэтому два объекта, расположенные на экране в меньшем удалении друг от друга, чем диаметр пятна, различить невозможно.

Для определения разрешающих способностей РЛС можно использовать следующие зависимости

$$PCY = (1,0 \div 1,4) \theta; \quad PCД = (0,7 \div 1,4) \frac{ct}{2}.$$

Опыт использования РЛС показывает, что PCY при самых благоприятных условиях не может быть выше $\pm 1,0^\circ$, в общем же случае составляет $\pm 1,5$ — $2,0^\circ$.

У различных типов РЛС может быть различная PCД: на шкалах крупного масштаба около 30 м, на шкалах более мелких масштабов значительно увеличивается.

Большое влияние на разрешающие способности РЛС имеет степень усиления, вводимого оператором при наблюдениях. Уменьшение усиления во всех случаях увеличивает разрешающие способности РЛС, так как в этом случае уменьшается засветка экрана и диаметр пятна от удара электронного луча.

§ 89. РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ПЕЛЕНГ И РАССТОЯНИЕ. ХАРАКТЕРНЫЕ ОШИБКИ РЛС

В индикаторах судовых РЛС применяется электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) с круговым обзором. Индикатор кругового обзора (ИКО) позволяет получить изображение окружающей надводной обстановки и определить расстояния до объектов и направления на них.

Изображение окружающей обстановки на ИКО может иметь различный вид: в относительном движении (ОД) или в истинном движении (ИД).

При изображении обстановки в ОД на экране ИКО получается радиолокационный план окружающей обстановки. Центром этого плана является место своего судна. Оно неподвижно, в то время как эхосигналы неподвижных объектов (берега, острова, буи и т. п.) перемещаются на экране в сторону и со скоростью, обратными движению судна. Эхосигналы подвижных объектов перемещаются по линиям относительного движения (ЛОД) с относительными скоростями, которые равны геометрической разности векторов скоростей судна и подвижных объектов.

Недостатком этого вида изображения является то, что при движении судна очертания береговых объектов из-за наложения эхосигналов друг на друга вследствие длительного послесвечения экрана ЭЛТ как бы «размазываются». Однако его удобно применять для решения задач на расхождение с другими судами.

При изображении обстановки в истинном движении место своего судна на ИКО перемещается по экрану ЭЛТ в направлении и со скоростью, которые соответствуют движению судна. Эхосигналы же неподвижных объектов на экране остаются на месте. Эхосигналы подвижных объектов перемещаются по линиям истинного движения (ЛИД) в направлениях, соответствующих их истинным курсам, оставляя за собой следы своего движения («хвосты»). Возврат всего изображения в новую исходную точку может быть осуществлен как вручную, так и автоматически.

Достоинством режима ИД является возможность опознавания движущихся и неподвижных объектов на экране ИКО, отсутствие «смазывания» радиолокационного изображения. Поэтому этот вид изображения обстановки удобно применять при плавании в стесненных водах. Однако решение задач на расхождение с другими судами в режиме ИД выполнять неудобно, так как установить курсы судов по следам («хвостам») можно только приближенно, а скорости невозможно.

Направления на объекты, т. е. радиолокационные пеленги (РЛП) и радиолокационные курсовые углы (РЛКУ), измеряют на ИКО с помощью механического визира (МВ) или (в новых типах РЛС) электронного визира (ЭВ), а их отсчеты снимают по азимутальному кругу, аналогичному азимутальному кругу компаса. В некоторых типах РЛС («Океан») азимутальный круг неподвижен и жестко связан с экраном индикатора, в других он подвижен и вращается вместе с визиром («Донец»). РЛС «Дон» имеет два азимутальных круга — подвижный и неподвижный. Принцип снятия отсчетов величины измеренного пе-



Рис. 180

лента или курсового угла прост и отличается у различных индикаторов лишь тем, что по неподвижному азимутальному кругу их снимают непосредственно под визиром, в других случаях — под ризкой, соответствующей нулевому делению неподвижного азимутального круга.

Изображение на экране индикатора может быть ориентировочно или относительно диаметральной плоскости судна, т. е. по курсу, или относительно гироскопического меридиана — по норду.

При ориентации по курсу (рис. 180) план окружающей обстановки отображается на экране относительно светящейся курсовой отметки, указывающей положение ДП судна, направление которой всегда совпадает с нулем неподвижной шкалы. Если установить визир над эхосигналом объекта и оценить в грудусах его положение относительно нуля неподвижной шкалы, то таким образом будет определен курсовой угол РЛКУ объекта. Истинный пеленг объекта может быть найден из соотношения:

$$ИП = РЛКУ + ГКК + \Delta GK; \quad ИП = РЛКУ + КК + \Delta МК.$$

Ориентация изображения по курсу применяется при расхождении с судами, подходе к портам, плавании в узкостях и в других особых случаях, когда по условиям обстановки требуется, чтобы изображение на экране РЛС позволяло наглядно оценить расположение различных объектов по отношению к ДП судна. Недостатком этого способа является то, что изменение курса приводит к смещению изображения обстановки на экране в направлении, противоположном повороту судна. В результате этого наблюдается расплывчатость изображения за счет довольно длительного послесвечения экрана. При неточном удержании судна на курсе и рыскании изображение становится не вполне четким.

В некоторых современных РЛС (например, в РЛС «Океан») для устранения этого явления применяют еще один вид ориентировки, называемый «курс стабилизированный». При этой ориентировке небольшие изменения курса, вызванные рысканием или поворотами, приводят к изменению положения отметки курса, а изображение на ИКО остается неподвижным и «смазывания» изображения не происходит.

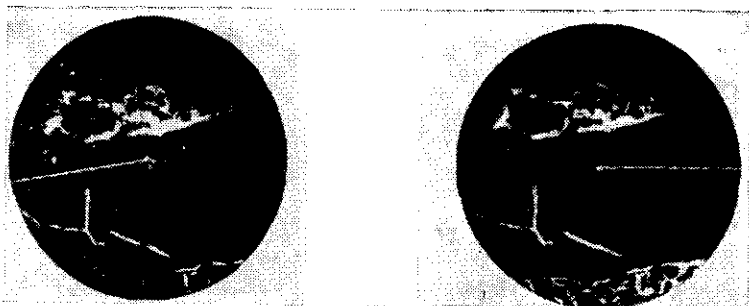


Рис. 181

Ориентация по курсу применяется только для режима ОД.

При ориентации по норду (рис. 181) плоскость гироскопического меридиана всегда проходит через деления 0 и 180° неподвижной шкалы, и план окружающей обстановки с участками моря и побережья отображается на экране так же, как и на навигационной карте. В этом случае при повороте судна никакого смещения изображения на экране не будет. Будет смещаться вместе с курсом лишь светящаяся курсовая отметка, показывая его таким, каким он был бы проложен на карте. Поэтому ориентация по норду применяется при пеленговании и измерении расстояний до объектов с целью определения места судна.

Радиолокационный пеленг эхо-сигнала снимают так же, как при ориентации по курсу отсчет РЛКУ, а затем переводят его в истинный:

$$ИП = РЛП + \Delta ГК!$$

Точность радиолокационного пеленгования в целом не высока и зависит от следующих причин.

1. Ошибки в рассогласовании антенны относительно нуля отсчета курсовых углов от ДП судна и относительно плоскости гироскопического меридиана. При правильном согласовании антенны согласно заводской инструкции ошибки не должны превышать $\pm 0,2-0,3^\circ$.

2. Несовпадение центра развертки и центра вращения визира. В лучшем случае после регулировки величина смещения может быть уменьшена до 1 мм. При этом условии ошибка в определении направления на расстоянии 0,5 радиуса экрана составит около $\pm 0,7^\circ$. При уменьшении этого расстояния ошибка будет возрастать, при увеличении, наоборот, уменьшаться.

Если для пеленгования используется электронный визир, то смещение центра развертки ошибки вызывать не будет.

3. Ошибки визирования, возникающие в результате растягивания изображения эхо-сигналов по окружности за счет некоторой ширины диаграммы направленности антенны.

Исследования показали, что для точечных объектов величина средней квадратической ошибки в определении направления на расстоянии $1/3$ радиуса от центра экрана составляет $\pm 0,6^\circ$, а на расстоянии

$2/3$ радиуса — $\pm 0,3^\circ$. Визирование кромок протяженных объектов приводит к ошибкам, не поддающимся учету на практике.

4. Влияние ошибки в поправке компаса. Эта ошибка полностью войдет в ошибку пеленга при любой ориентации изображения.

5. Точность радиолокационного пеленгования значительно снижается при качке судна. При этом наибольшие ошибки соответствуют РЛКУ, близким к $45-135^\circ$, в то время как на РЛКУ $0-180^\circ$ или 90° каждого борта они равны нулю. Поэтому для повышения точности измерений нужно пеленговать ориентиры, расположенные на носовых, кормовых или траверзных углах. Для получения при качке точного пеленга объекта, находящегося на других РЛКУ, рекомендуется брать несколько отсчетов пеленга при разных углах качки и осреднять полученные отсчеты.

6. Радиолокационная девиация появляется в связи с тем, что в пространство облучения радиолокатора попадают мачты, такелаж, связанные антенны и другие устройства, вызывающие появление с одной стороны теневых секторов, а с другой — искажение электромагнитного поля сигналов, отраженных от объектов, полем, создаваемым этими вторичными излучателями. Отсчеты РЛП, полученных в этих секторах и в пределах $3-5^\circ$ от их границ, могут содержать значительные погрешности, достигающие $5-6^\circ$ и более. Поэтому для точного получения РЛП необходимо учитывать радиолокационную девиацию, которую нужно определять при первоначальной установке РЛС на судне и при изменениях в установке вторичных излучателей (антенн, такелажа и т. п.).

Радиолокационная девиация определяется как и радиодевиация радиопеленгатора визуальным способом. Для этого два наблюдателя должны одновременно измерять на объект наблюдения (буй с угловым отражателем, плавмаяк, маяк-ответчик и т. п.) визуальную КУ по азимутальному кругу компаса и РЛКУ по азимутальному кругу ИКО, который должен быть ориентирован по курсу.

По результатам наблюдений, которые производят на отдельных курсах через $5-10^\circ$, радиолокационную девиацию рассчитывают по формуле

$$\Delta \text{ РЛКУ} = \text{КУ} - \text{РЛКУ},$$

после чего составляют таблицу $\Delta \text{ РЛКУ}$ (табл. 18) и вычерчивают ее график.

Практические наблюдения показали, что с увеличением длины волны РЛС радиолокационная девиация увеличивается. Поэтому для РЛС, работающих в различных диапазонах длин волн («Океан»), необходимо иметь две таблицы $\Delta \text{ РЛКУ}$.

Все эти не зависящие друг от друга обстоятельства являются причиной того, что с помощью РЛС радиолокационный пеленг может быть получен по точечному ориентиру с точностью $\pm 1,0^\circ$. При пеленговании протяженных объектов ошибка возрастает и может достигать величины $\pm 2-3^\circ$ за счет искажения эхо-сигналов мысов и неточного визирования, что особенно характерно при ориентации изображения по курсу.

Δ РЛКУ, °	РЛКУ, °		Δ РЛКУ, °	Δ РЛКУ, °	РЛКУ, °		Δ РЛКУ, °
-0,3	9	360	-0,3	-1,0	100	260	+4,0
-0,2	10	350	+0,5	-0,7	110	250	+1,5
-1,0	20	340	+1,4	-1,5	120	240	+1,6
-2,5	30	330	+1,9	-2,4	130	230	+1,7
-1,7	40	320	+2,0	-2,1	140	220	+2,0
-1,3	50	310	+5,7	-1,6	150	210	+1,1
-1,4	60	300	+4,3	-1,6	160	200	+0,8
-1,5	70	290	+2,1	-1,9	170	190	-0,5
-1,6	80	280	+2,9	-0,9	180	180	-0,9
-1,5	90	270	+3,9				

Для получения более точных отсчетов пеленгование следует производить на тех шкалах, где объекты отражаются ближе к краю экрана.

Радиолокационное измерение расстояний производится глазомерно по неподвижным кольцам дальности (НКД) или специальным дальномерным устройством с подвижным кольцом дальности (ПКД).

Неподвижные кольца дальности изображаются на экране РЛС в виде кругов постоянной засветки, расстояния между которыми для данной шкалы дальности одинаковы. Зная точное удаление от центра развертки каждого НКД, между которыми находится эхо-сигнал объекта, можно глазомерной интерполяцией определить расстояние до него. Средняя квадратическая ошибка в измерении расстояний по НКД составляет примерно 0,1 интервала между соседними НКД. Причем ошибка будет тем меньше, чем ближе эхо-сигнал к одному из НКД.

Более точные результаты получаются с помощью подвижного кольца дальности, которое ручкой счетчика дальномера может быть перемещено по экрану в любое необходимое положение. Точность измерения расстояний с помощью ПКД определяется следующими факторами.

1. Масштабной ошибкой. Величина радиуса ПКД, указываемая в соответствующих единицах на счетчике дальномера, не соответствует фактическому расстоянию до объекта. Это связано с тем, что станция, как правило, калибруется на самой крупной шкале дальности. Поэтому на шкалах более мелкого масштаба появляется ошибка. Величина этой ошибки ΔD_p может быть выявлена для различных шкал дальности во время стоянки судна у причала и использована в дальнейшем при плавании в море. Нанеся точное место судна на крупномасштабную карту (не менее 1:25 000) или план, снимают расстояния до нескольких приметных объектов и, измерив эти же расстояния по РЛС, сравнивают одни результаты с другими. Средняя величина расхождений определит ошибку в измеренном расстоянии для данной шкалы дальности.

Пример. На пятимильной шкале дальности при стоянке у причала измерены расстояния до трех ориентиров А, В, С.

$D_A = 4,58$ мили; $D_B = 3,46$ мили; $D_C = 3,12$ мили. Расстояния до этих ориентиров, снятые с плана, составили:

$D'_A = 4,46$ мили; $D'_B = 3,36$ мили; $D'_C = 3,04$ мили. Найти поправку ΔD_p в измерении расстояния на пятимильной шкале дальномерным устройством РЛС.

Решение. Находим разности истинных и измеренных расстояний:

$$\Delta D_{p1} = D'_A - D_A = 4,46 - 4,58 = -0,12 \text{ мили};$$

$$\Delta D_{p2} = D'_B - D_B = 3,36 - 3,46 = -0,10 \text{ мили};$$

$$\Delta D_{p3} = D'_C - D_C = 3,04 - 3,12 = -0,08 \text{ мили}.$$

Рассчитываем

$$\begin{aligned} \Delta D_p &= \frac{\Delta D_{p1} + \Delta D_{p2} + \Delta D_{p3}}{3} = \frac{(-0,12) + (-0,10) + (-0,08)}{3} = \\ &= -0,10 \text{ мили} = -1,0 \text{ кб}. \end{aligned}$$

Следовательно, поправка РЛС для расстояний, измеренных на пятимильной шкале, составит $-1,0$ кб.

2. Случайной ошибкой, допускаемой наблюдателем при совмещении ПКД с отметкой объекта. Наводить ПКД на отметку эхо-сигнала надо так, чтобы его наружная кромка лишь касалась отметки объекта. Точность такой установки зависит от разрешающей способности человеческого глаза, а поэтому для разных наблюдателей будет различной.

В практике точность расстояний, измеренных с помощью РЛС, принято оценивать предельной ошибкой $\Delta_{\text{пред}}$ (утроенной средней квадратической), которая включает возможные случайные и масштабные ошибки. Величины этих ошибок для различных шкал дальности у современных РЛС показаны ниже.

Шкалы дальности РЛС:

	$\Delta_{\text{пред}}$, кб:
0,8 и 1,5 мили	$\pm 0,12$
5 миль	$\pm 0,25$
15 »	$\pm 0,80$
30 »	$\pm 1,40$

Таким образом, радиолокационные расстояния измеряются в большинстве случаев с большей точностью, чем радиолокационные пеленги. Поэтому следует отдать предпочтение тем способам определения места судна с помощью РЛС, которые основаны на измерении расстояний.

В некоторых современных РЛС («Океан») измерение пеленгов и расстояний до объектов может производиться автоматически. Для этого конец ЭВ (строб, имеющий форму креста или кольца) подводят к эхо-сигналу объекта, «захватывают» его и включают режим автосопровождения. Эхо-сигналы объекта, захваченного на ИКО стробом, автоматически обрабатываются в вычислительном устройстве и показываются счетчиками пеленга и расстояния или высвечиваются на дисплее.

В режиме автосопровождения точность величин пеленга и расстояния выше.

Форма, размеры, характер поверхности и целый ряд других причин оказывают значительное влияние на отражающие способности объектов. Для того чтобы научиться читать и понимать радиолокационное изображение, необходимы большой опыт и постоянная тренировка. Практика использования радиолокатора в судовождении выработала целый ряд методов и приемов оценки изображения и опознания объектов, руководствуясь которыми можно составить достаточно четкое представление о наблюдаемой на экране обстановке.

Опознание берегов. Из береговых и островных объектов, близких к урезу воды, хорошее изображение на значительных расстояниях дают высокие обрывистые берега, от которых получается четкий эхо-сигнал, по форме отвечающий очертаниям берега (рис. 182). Ярко выраженное сходство изображенных на экране и на карте очертаний обстановки дает возможность считать береговую черту в достаточной степени опознанной.

Низкие песчаные берега обнаруживаются только на средних расстояниях и обычно на экране изображаются в виде тонкой, иногда прерывистой линии, примерно соответствующей урезу воды (рис. 183). Считать такое изображение опознанным нужно крайне осторожно, так как линия уреза воды еще только наметилась.

Сильно искаженными оказываются изображения мысов со сложным рельефом. Если, например, мыс вдается в море низким песчаным пляжем, а в некотором удалении от уреза воды на нем возвышается гора, то на экране могут быть видны эхо-сигналы только от ближайшей к берегу горы, а более удаленные от нее горы, холмы и низкие участки самого берега не дадут никакого изображения. Такая отметка может быть принята на экране за остров и спутана с действительно находящимся недалеко островом, но имеющим пологие склоны и не отражающимся на экране РЛС. По этой же причине могут стать неразличимыми несколько островов, лежащих друг за другом в заливе или узкости. Очень слабые эхо-сигналы дают участки побережья, покрытые ледниками или ледовыми образованиями с гладкой поверхностью.

Значительное влияние могут оказать также метеорологические условия, высота антенны, качественная регулировка станции, ракурсы ориентиров и т. п. Поэтому во всех случаях наличия слабого изображения побережья на экране необходимо соблюдать крайнюю осторожность при использовании для определения места с помощью РЛС тех или иных ориентиров, пока нет твердой уверенности в том, что они надежно опознаны.

Эхо-сигналы от небольших объектов. Современные РЛС имеют очень ограниченные возможности для распознавания небольших объектов. Отдельные морские объекты: различные суда; плавмаяки, вышки, установленные в море, дают почти одинаковые изображения на экране. Ориентировочные размеры судна, эхо-сигнал от которого виден на индикаторе, можно приближенно оценить только на средней дальности его обнаружения, приводимой на с. 259. Судить о ракурсе

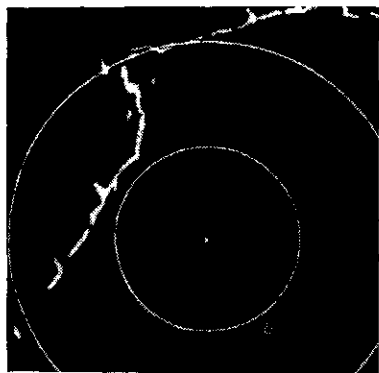


Рис. 182

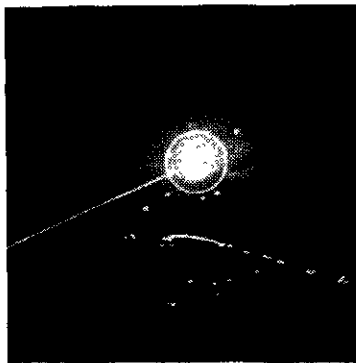


Рис. 183

наблюдаемого судна, т. е. выяснить по форме эхо-сигнала, куда обращен нос судна, как правило, нельзя. Для этого нужно проследить направление перемещения эхо-сигнала по экрану.

Яркость эхо-сигнала от очень малых объектов, например буев, может в силу различных причин изменяться с момента его попадания на экран РЛС, а иногда полностью или частично пропадать, особенно когда дальность обнаружения на пределе. Для увеличения дальности обнаружения малых объектов (буев, вех, бакенов и т. д.) на них в необходимых случаях устанавливаются пассивные отражатели (РЛП). Наибольшее распространение нашли уголковые отражатели, которые устанавливают на объекте группами из пяти-шести уголков. Такая группа дает уверенное отражение по всему горизонту.

Эхо-сигналы от льдов. При плавании во льдах, вдоль берегов, покрытых снегом, ледниками или ледовыми образованиями с гладкой поверхностью, возникает значительное зеркальное отражение радиоволн. Ровный гладкий лед почти не виден на экране РЛС. По этой же причине плохо обнаруживаются хотя и значительные, но гладкие ледяные поля и айсберги с пологими склонами. Наиболее сильное отражение дают айсберги с крутыми склонами и торосистый лед. Гладкий ледовый припай побережья почти не обнаруживается радиолокатором, в то время как торосистый лед припай может значительно исказить очертания побережья на экране РЛС, а вместе со снеговым покрытием берегов вызвать затруднения в опознавании берега и определении места судна.

Волнение. При волнении гребни волн отражают часть энергии в направлении антенны РЛС и на экране появляются характерные эхо-сигналы (рис. 184). Величина зоны засветки тем больше, чем сильнее волнение. При среднем волнении она простирается до 2—3 миль, при крупном — еще дальше. Слабое волнение вызывает засветку экрана всего в несколько кабельтовых. Значительная зыбь может вызвать группы правильных по форме эхо-сигналов.

Влияние засветки от волнения можно снизить с помощью временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ). Однако следует

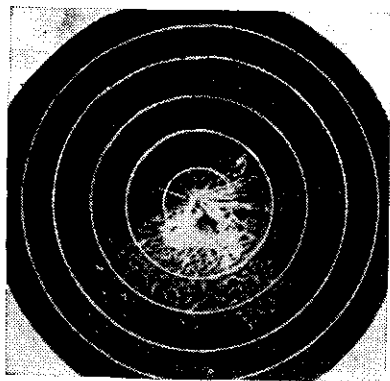


Рис. 184

иметь в виду, что, применяя ВАРУ, уменьшают не только эхо-сигналы от волн, но и от объектов. Поэтому использовать ВАРУ нужно с осмотрительностью, добиваясь разумного устранения только сплошной засветки от волнения.

Облачность и осадки. Низкие дождевые облака, насыщенные влагой, хорошо видны на экране РЛС. Иногда их изображение захватывает целые районы и тогда на экране оно становится похожим на очертание берега. Яркость эхо-сигналов от облаков бывает различной. Иногда могут наблюдаться эхо-сигналы такой яркости, что создают значительные помехи в обнаружении полезных объектов.

Дождь, снег, град также дают достаточно сильное отражение эхо-сигналов. Яркость их зависит от интенсивности осадков и в общем случае незначительна. Более сильное, иногда даже резкое отражение могут дать тропические ливни. Распознаются эхо-сигналы от осадков и облаков сравнительно легко по достаточно быстрому изменению их формы.

Помехи от других радиолокаторов. В общем случае вероятность появления таких помех от других РЛС, работающих в зоне действия судовой станции, невелика и чаще всего может ожидаться в районах интенсивного судоходства. Эхо-сигналы этих помех очень характерны и легко распознаются. При совпадении в частоте повторения импульсов обеих РЛС помехи проявляются на экране в виде кривых в форме спирали или замкнутых колец, при разнице — в виде случайно расположенных точек. При удалении судов друг от друга они постепенно исчезают и вскоре пропадают совсем.

Ложные эхо-сигналы могут появиться внезапно и иметь различное свечение. Причина их появления — наличие на пути распространения пришедших от объекта эхо-сигналов каких-либо металлических препятствий (труба, грузовые краны и т. д.), которые могут отразить и послать их на антенну от своего направления.

При наличии сомнения в классификации наблюдаемого эхо-сигнала как ложного или действительного следует изменить курс: ложный эхо-сигнал повернется вместе с судном или совсем исчезнет.

Использование радиолокационных маяков-ответчиков. Значительное количество плавучих маяков и некоторые береговые маяки для лучшего обнаружения их на экране РЛС на дальних расстояниях снабжают специальной радиоаппаратурой. Такие радиолокационные маяки бывают двух типов: излучающие импульсы после облучения их судовой РЛС (типа «Ракон» или «Огонек») и излучающие импульсы непрерывно (типа «Ремарк»).

Маяки-ответчики первого типа ($\text{РЛМ}_{\text{отв}}^{\text{к}}$) постоянно готовы к действию, но излучают сигналы только тогда, когда к ним приходит импульс от судовой РЛС. Сигнал $\text{РЛМ}_{\text{отв}}^{\text{к}}$ имеет на экране РЛС вид прерывистой линии, соответствующей опознавательному сигналу маяка-ответчика, либо сплошной радиальной непрерывной линии, расположенной за эхо-сигналом $\text{РЛМ}_{\text{отв}}^{\text{к}}$ на расстоянии нескольких сотен метров. $\text{РЛМ}_{\text{отв}}^{\text{к}}$ первого типа дают возможность определить пеленг на маяк и расстояние до него.

Из-за того что для срабатывания аппаратуры маяка-ответчика требуется некоторое время, его эхо-сигнал на экране РЛС отмечается на более далеком расстоянии, чем он находится в действительности. Величина такой задержки постоянна и поправка расстояния за счет ее со знаком минус указывается в руководствах «Радиотехнические средства навигационного оборудования».

Точность определения места судна с помощью $\text{РЛМ}_{\text{отв}}^{\text{к}}$ несколько ниже, чем по точечным объектам. Ошибка в определении расстояния составляет 0,5—1 км.

Радиолокационные маяки второго типа ($\text{РЛМ}^{\text{к}}$) работают постоянно без сигнала РЛС, непрерывно излучая импульсы в диапазоне работы судовых РЛС. На экране РЛС сигнал $\text{РЛМ}^{\text{к}}$ имеет вид светящейся линии, идущей от центра экрана по направлению на маяк, т. е. по этому сигналу можно определить только пеленг на маяк.

Радиолокационные карты. Путевые карты не выделяют специально объектов, которые хорошо заметны на экранах РЛС, а это было бы очень полезно и значительно повысило бы эффективность использования радиолокаторов. Поэтому уже довольно длительное время во многих странах ведутся работы по созданию специальных радиолокационных карт для наиболее важных районов мореплавания.

Чаще всего такие карты составляют путем последовательного фотографирования экрана РЛС во время плавания вдоль побережья. Из полученных фотографий делают монтаж радиолокационного изображения участка местности. Подобные карты называют еще мозаичными. На них, кроме радиолокационной обстановки, наносят некоторые наиболее важные данные, содержащиеся на навигационной карте.

Радиолокационные карты оказывают большую помощь, а иногда просто необходимы при плавании в опасных районах с низкими, слабо различимыми на экране РЛС берегами. Особенно полезны они при плавании у незнакомого побережья.

Подготовка и издание специальных карт требуют больших затрат времени и средств. В связи с этим широко практикуется нанесение дополнительной радиолокационной нагрузки на обычную навигационную карту. Такое улучшение в радиолокационном отношении путевых карт для своего района плавания может сделать каждый судоводитель.

Для этого, когда местоположение судна точно известно, следует при каждом возможном случае внимательно сличать радиолокационное изображение района плавания с изображением на карте. После такого сличения на карте в направлении четко наблюдаемых объектов

выделяют короткими отметками участки побережья, которые, пусть даже удаленные, по радиолокационной наблюдаемости могут служить хорошими радиолокационными ориентирами и изображение которых подобно их конфигурации на карте. Нанеся такие отметки с разных курсовых углов на ярко выраженные объекты, на навигационной карте получают конфигурацию дополнительной радиолокационной нагрузки.

§ 91. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА С ПОМОЩЬЮ РАДИОЛОКАТОРА

С помощью РЛС можно получить две разновидности линий положения — пеленг и расстояние. Это позволяет использовать для радиолокационных определений места судна все те способы и их варианты, которые были рассмотрены в гл. VII. Величины возможных ошибок измерений радиолокационных пеленгов и расстояний уже приводились ранее, а поэтому вопрос о том, какая из изолиний (пеленг или расстояние) наиболее выгодна для получения точного места судна в данных условиях наблюдений, в общем случае решают так: на малых расстояниях (до 0,5 мили) линия пеленга не уступает по точности радиолокационному расстоянию; с увеличением расстояния следует отдать предпочтение измеренному расстоянию, так как эта линия положения будет более точная, чем линия пеленга. Наиболее сложным при радиолокационных определениях места судна является опознавание ориентиров. Это необходимо как при определении места, так и при подходе к берегу после длительного плавания.

Опознавание ориентиров по вееру пеленгов и расстояний заключается в следующем.

1. В быстрой последовательности измеряют несколько пеленгов и соответствующих им расстояний до ориентиров, дающих устойчивый эхо-сигнал. В средний момент наблюдений записывают время и отсчет лага.

2. На листе кальки прокладывают линию пути судна и от произвольной точки (при скорости до 12 уз) откладывают исправленные пеленги $ИП_1, ИП_2, \dots, ИП_n$, а по ним в масштабе карты — измеренные и исправленные поправкой ΔD_n расстояния D_1, D_2, \dots, D_n (рис. 185).

При скорости судна более 12 уз веер пеленгов и расстояний строят из отдельных счислимых точек, соответствующих моментам измерений каждого пеленга и расстояния.

3. Кальку с выполненным построением накладывают на карту в районе счислимого места и перемещают ее, сохраняя параллельность линии пути до тех пор, пока возможно большее число отложенных на кальке пеленгов и расстояний не совместится с характерными объектами на карте. Найденные таким совмещением ориентиры $A, B, C, E \dots$ можно считать опознанными, а точки пересечения пеленгов (или точки, от которых откладывались пеленги при скорости судна более 12 уз) дадут приближенное место судна.

Место судна этим способом опознается тем точнее, чем больше измерено пеленгов и расстояний и чем характернее контуры наблюдае-

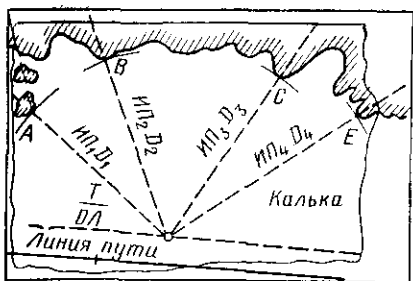


Рис. 185

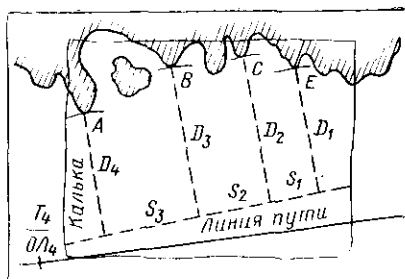


Рис. 186

мых ориентиров. Для исключения случайных совпадений наблюдения следует повторить. Окончательно обсервацию к дальнейшему числению можно принять только тогда, когда появится полная уверенность в правильном опознании ориентиров.

Опознавание ориентиров способом параллельных расстояний производится следующим образом.

1. Следуя постоянным курсом, измеряют несколько расстояний до ориентиров, дающих устойчивый эхо-сигнал, в те моменты, когда они будут находиться на одном и том же курсовом угле, например, на траверзе. Записывают моменты времени и отсчеты лагов каждого измерения.

2. Рассчитывают пройденные судном расстояния S_1, S_2, \dots, S_n между моментами наблюдений по промежуткам времени или разности отсчетов лага.

3. Результаты измерений наносят на кальку в масштабе карты относительно прямой, принимаемой за линию пути (рис. 186).

4. Перемещая кальку по карте рядом со счислимым местом и сохраняя параллельность линии пути, добиваются положения, чтобы с характерными объектами на карте совместились возможно большее число отложенных по кальке расстояний. Найденные таким образом ориентиры A, B, C, E, \dots можно считать опознанными.

После такого совмещения следует измерить на карте направление прямой, от которой откладывались на кальке измеренные расстояния. Это направление, хотя и очень приближенно, будет указывать действительный путь судна.

Определение места судна по расстояниям до точечных объектов. Когда на экране РЛС видны два или более эхо-сигнала опознанных точечных ориентиров (мыс, островок, плавмаяк, маяк-ответчик и т. д.), то с помощью ПКД (или НКД) можно измерить расстояния до них. Если затем на карте (рис. 187) в данном широтном масштабе отложить от этих ориентиров A, B, C измеренные и исправленные поправкой ΔD_p расстояния D_1, D_2, D_3 , то в точке пересечения полученных окружностей отыщется место судна M .

Обсервованное место будет достаточно надежным тогда, когда для его определения измерено не менее трех расстояний. В этом случае

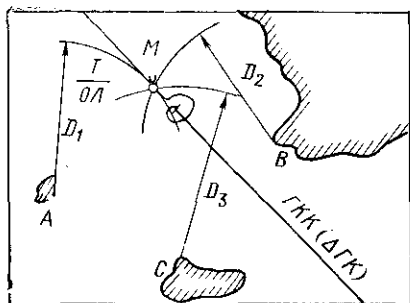


Рис. 187

третья линия положения позволит осуществить контроль полученной обсервации.

Очередность измерения расстояний до ориентиров, находящихся от судна на различных курсовых углах, способы приведения наблюдений к одному моменту, прокладка линий положения, отыскание вероятного места судна при появлении фигуры погрешности и графическое оформление места на карте остаются аналогичными рассмотренным в гл. VII.

Точность определения места судна по расстояниям, измеренным с помощью РЛС, может быть оценена по формуле (70). Но так как ее принято оценивать предельной ошибкой, то вместо средней квадратической ошибки m_D в указанные формулы необходимо вводить $\Delta_{\text{пред}}$, выбираемую для соответствующей шкалы дальности (см. с. 267).

Предельная ошибка равна утроенной средней квадратической ошибке, поэтому вероятность нахождения действительного места судна в окружности радиусом M в этом случае составит 99,7%.

Определение места по расстояниям до точечного ориентира и участка ровной береговой черты. Иногда в пределах дальности обнаружения РЛС имеется только один ориентир, эхо-сигнал которого может быть использован в качестве точечного (выступающий мыс, небольшой остров, скала и т. д.). Вторым ориентиром служит береговая черта с достаточно яркими, но плавными очертаниями и выделить на ней какие-либо точечные ориентиры не представляется возможным. Измерив точное расстояние до ближайшей кромки береговой черты, наблюдатель тем не менее не будет знать, до какой же именно точки на берегу измерено расстояние и, следовательно, где центр окружности, в которую ему необходимо установить ножку циркуля для прокладки измеренного расстояния на карте.

В таких случаях рекомендуется:

в быстрой последовательности измерить расстояния до ближайшей береговой черты и до точечного ориентира, записать момент времени и отсчет лага;

от точечного ориентира радиусом, равным исправленному расстоянию D_1 , на карте провести дугу aa (рис. 188);

на проведенной дуге отыскать такое положение острия циркуля, при котором радиусом, равным исправленному расстоянию D_2 до береговой черты, можно описать дугу bb , касательную к участку береговой черты. Точка, полученная на дуге aa в месте накола ее ножкой циркуля, определит место судна.

Определение места по расстояниям, измеренным до береговой черты с плавными очертаниями. На практике может быть случай, когда при плавании в районе опознанного побережья на экране РЛС рисуется только береговая черта с плавными очертаниями, на кото-

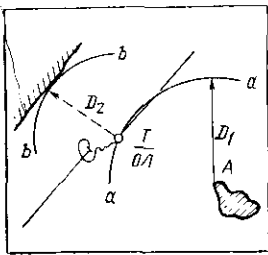


Рис. 188

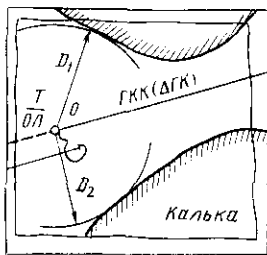


Рис. 189

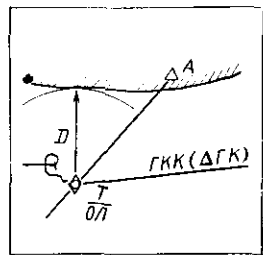


Рис. 190

рой нельзя выделить ни одного точечного ориентира. Тогда необходимо:

в быстрой последовательности измерить расстояния до ближайших очертаний берега, записать время и отсчет лага в момент последнего измерения; если скорость более 12 уз или время, необходимое для измерения расстояния, превышает 0,5 мин, записать время и отсчет лага в моменты каждого измерения;

на кальку нанести линию пути судна (рис. 189) и из произвольной точки O как из центра провести дуги окружностей радиусами, равными в масштабе карты исправленным поправкой ΔD_p расстояниям D_1 и D_2 ; при скорости более 12 уз каждую окружность проводить от своей счислимой точки, соответствующей моменту измерения откладываемого расстояния;

кальку положить на карту и перемещать параллельно линии пути, чтобы проведенные на ней дуги окружностей коснулись береговой черты; в точке O сделать накол острием циркуля для отметки обсервованной точки на карте.

При возможности измерить три расстояния до плавной береговой черты на кальку следует нанести все три окружности.

Определение места по пеленгу и расстоянию. Этот комбинированный способ нашел широкое применение на судах из-за простоты выполнения и достаточно высокой точности. При отсутствии видимости пеленг вместе с расстоянием измеряют с помощью РЛС. Но когда есть возможность взять пеленг визуально, то его, для повышения точности, лучше взять по компасу.

Если пеленг и расстояние измерены до одного и того же ориентира, то обсервованное место определяют обычным способом. Но чаще видимый визуальный ориентир находится вдаль от берега или в стороне от участка береговой черты, до которой можно измерить расстояние. Тогда необходимо:

в быстрой последовательности измерить расстояние до береговой черты и пеленг на ориентир, записать время и отсчет лага в момент последнего измерения;

исправить измеренный пеленг поправкой компаса и проложить его на карте от ориентира (рис. 190);

на проведенной линии истинного пеленга отыскать такое положение острия циркуля, при котором радиусом, равным исправленному рас-

стоянию D до береговой черты, можно описать дугу, касательную к участку береговой черты; точка, полученная на линии истинного пеленга в месте накола, определит обсервованное место судна.

Точность определения места, полученного по пеленгу и расстоянию, может быть рассчитана по формуле (72). Величину средней квадратической ошибки пеленгования m_{Π}^0 выбирают в зависимости от способа измерения пеленга (визуальный или радиолокационный). Ошибку в измерении расстояния надо выбирать для соответствующих шкал дальности (см. с. 267). Так как она представляет собой предельную ошибку, то значение радиуса круга погрешности M , рассчитанного по формуле (72), получается несколько завышенным.

Пример. Для определения места судна были измерены визуальный пеленг ($m_{\Pi} = \pm 0,5^\circ$) и расстояние $D = 80$ кб ($\Delta_{\text{пред}} = \pm 0,8$ кб). Рассчитать возможную ошибку определения места судна.

Решение.

$$M = \pm \sqrt{(\Delta_{\text{пред}})^2 + \left(\frac{D m_{\Pi}}{57,3^\circ}\right)^2} = \pm \sqrt{(0,8)^2 + \left(\frac{80 \times 0,5}{57,3}\right)^2} = \pm 1 \text{ кб.}$$

Если при всех остальных равных условиях задачи принять, что вместо визуального был измерен радиолокационный пеленг, то $m_{\Pi}^0 = \pm 2,0^\circ$ и $M = \pm 2,9$ кб.

Кроме рассмотренных методов, место судна может быть определено *способом крюйс-расстояния*. Сущность и практическое выполнение способа уже рассматривались в гл. VII. Он применяется в тех случаях, когда в сильную качку на экране РЛС виден один только эхо-сигнал от опознанного ориентира, а так как при качке возможны особенно большие ошибки радиолокационного пеленгования, место способом пеленга и расстояния может быть получено со значительной ошибкой.

При условии надежного определения места судна с помощью РЛС в хорошую видимость можно с достаточной точностью проверить поправку компаса. Наиболее точно это можно сделать, когда место определено по трем расстояниям и одновременно взят пеленг по компасу какого-либо приметного и нанесенного на карту ориентира. Тогда, сняв с карты истинный пеленг предмета от обсервованной точки, рассчитывают поправку компаса:

$$\Delta ГК = ИП - ГКП$$

или

$$\Delta МК = ИП - КП.$$

Точность способа будет тем выше, чем крупнее масштаб карты, на которой производились графические построения и тем точнее измерялись расстояния по РЛС до опознанных ориентиров (ориентиры следует подбирать с хорошей радиолокационной отражательной способностью). Приблизненно поправка компаса может быть найдена и при отсутствии видимости, если компасный пеленг точечного ориентира будет получен по радиолокатору.

При плавании в районах с низкими берегами и значительными колебаниями уровня воды необходимо всегда иметь в виду, что линия уреза воды, указанная на карте, в данный момент может не совпадать с действительно существующей. Поэтому следует критически относиться к измеренному до нее расстоянию.

§ 92. ОПРЕДЕЛЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ РЛС МАНЕВРЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДНА

Определение скорости и поправки лага. С помощью РЛС маневренные элементы судна могут быть определены с достаточной для судовождения точностью, причем возможности использования радиолокатора для этих целей чрезвычайно широки. Это относится как к выбору места работы, так и к условиям видимости, которая может быть любой. Основные требования, предъявляемые к району, где предполагается провести наблюдения, остаются такими же, как и для мерной линии.

Определение скорости и поправки лага с помощью РЛС обычно производят по бую с пассивным отражателем или судну, стоящему на якоре, до которых можно получить четкий эхо-сигнал. В открытом море может быть использована плавающая радиолокационная вежа с укрепленным на ней пассивным отражателем.

Наиболее целесообразно определять скорость и поправку лага на пятимильной шкале индикатора РЛС. Предельная случайная ошибка измерения расстояния до точечного ориентира на этой шкале у современных станций не превышает ± 30 м. (Возможные систематические ошибки не учитываются, так как пройденное судном расстояние S будет рассчитываться по разности расстояний, измеренных с помощью ПКД.) Поэтому для определения поправки лага на любой скорости с предельной ошибкой, не превышающей $\pm 1\%$, и различных скоростей судна с предельной ошибкой, не превышающей $\pm 0,1$ уз, достаточно иметь следующие длины пробегов, которые приведены в табл. 19 в милях.

Как видно из табл. 19, для определения скорости судна свыше 10 уз вполне достаточно длины пробега, необходимой и для определения поправки лага. При меньших скоростях эта длина (для определения поправки лага с достаточной точностью) должна быть увеличена до необходимой.

Таблица 19

Число пробегов	V, уз									Длина пробега, необходимая для определения только ΔL
	5	6	9	10	12	15	18	20	25	
1	1,2	1,4	2,1	2,3	2,8	3,5	4,3	4,8	6,2	2,4
2	0,8	1,0	1,5	1,6	2,0	2,5	3,1	3,4	4,4	1,7
3	0,7	0,8	1,3	1,4	1,7	2,1	2,6	2,9	3,8	1,5

Как и при работе на мерной линии, на одном пробеге исключить влияние внешних факторов невозможно. Поэтому следует проводить наблюдения на двух или трех пробегах, тем более что увеличение их числа не только увеличит точность, но и позволит исключить влияние постоянного (при двух пробегах) и даже равномерно изменяющегося переменного (при трех пробегах) течения.

Важным условием повышения точности определяемых поправки лага и скорости судна является выбор курсов, на которых будут производиться наблюдения. Курсы должны совпадать или быть противоположными направлению течения, а если в период наблюдения преобладающее влияние на судно оказывает ветер, то по направлению ветра.

Для работы выделяются три наблюдателя с секундомерами: один у индикатора РЛС, второй у суммарного счетчика оборотов (или у тахометра) и третий у счетчика лага. Обязанности наблюдателей аналогичны тем, которые они выполняли на мерной линии. Руководит работой наблюдатель у индикатора РЛС.

Для практического выполнения способа необходимо следующее.

1. Привести судно на выбранный курс так, чтобы буй с пассивным отражателем (судно на якоре, свободно плавающая радиолокационная вежа при наблюдениях в открытом море) находился на курсовом угле 0° . Дать судну набрать скорость, отвечающую заданному режиму работы машин. Когда на экране появится эхо-сигнал буя, ПКД заранее установить в намеченное положение относительно эхо-сигнала (приблизительно на 1 милю больше длины пробега, выбранной из табл. 19).

2. В момент, когда отметка эхо-сигнала буя на экране коснется ПКД, по команде наблюдателя у РЛС всем наблюдателям запустить секундомеры и записать соответствующие отсчеты.

3. Установить ПКД в новое положение относительно эхо-сигнала буя (оно должно быть меньше первого на величину длины пробега, выбранного из табл. 19). Продолжать идти прямо на буй, стараясь как можно точнее удерживать судно на курсе.

4. Как только эхо-сигнал буя вновь придет на ПКД, наблюдателю у РЛС подать команду, по которой другие наблюдатели должны остановить секундомеры и опять записать соответствующие отсчеты.

Аналогично производят наблюдения на втором и третьем пробегах. Для этого, пройдя некоторое расстояние в сторону буя или обогнув его (рис. 191), ложатся на обратный курс, приведя буй на курсовой угол 180° .

Порядок обработки наблюдений и последовательность вычислений остаются такими же, как и при обработке их на мерной линии. Расстояние S , пройденное судном за промежуток времени Δt между первым и вторым приходом эхо-сигнала буя на ПКД, рассчитывается как разность показаний дальнометра РЛС.

Для устранения возможных случайных ошибок измерений следует на каждом пробеге производить не менее трех измерений. Это можно сделать следующим образом: сразу после первого касания с эхо-сигналом буя ПКД перебрасывают на 1—2 кб в сторону уменьшения расстояния до буя (или увеличения при следовании от буя) и в момент сле-

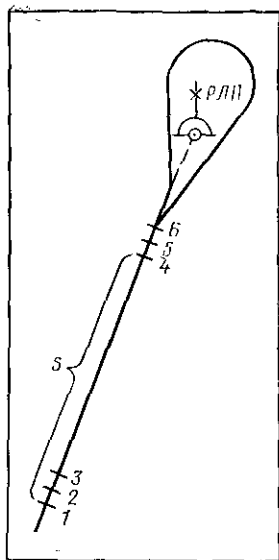


Рис. 191

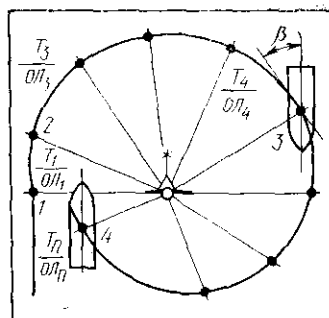


Рис. 192

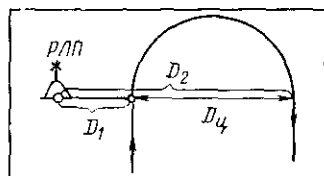


Рис. 193

дующего касания вновь производят измерения. Опять перебрасывают ПКД на 1—2 кб и в третий раз повторяют измерения. Так же поступают в конце пробега.

Определение элементов циркуляции судна. Для определения элементов циркуляции с помощью РЛС в качестве объектов для наблюдений можно использовать тот же буй, радиолокационную вежу или стоящее на якоре судно.

Полное определение элементов циркуляции состоит в том, что за время циркуляции через каждые 15—20 с измеряют ГКП (ОКП) буя по компасу и расстояния до него. Как правило, циркуляцию описывают вокруг буя (или в сторону от буя), а поэтому компасные пеленги могут быть взяты и при слабой видимости. При плохой видимости без особых ошибок могут быть использованы радиолокационные пеленги, так как на малых расстояниях они имеют незначительные ошибки. Измерение расстояний следует производить на одной из шкал наиболее крупного масштаба.

Наблюдения производят три наблюдателя: у экрана РЛС, у компаса и у счетчика лага. Выполняют и записывают измерения в следующей последовательности.

1. На траверзе буя в точке 1 (рис. 192) по команде наблюдателя у компаса положили руль на указанное количество градусов. Запустили секундомеры. Наблюдатели записали измеренные величины пеленга, расстояния и отсчета лага.

2. В точке 2, когда судно стало уклоняться в сторону поворота, наблюдатель у компаса останавливает свой секундомер (по его отсчету определяют величину мертвого промежутка).

3. Дальнейшие измерения и их запись производят по команде наблюдателя у экрана РЛС через каждые 15—20 с, записывая отсчеты оставшихся двух секундомеров от начала наблюдений.

4. Когда судно придет на обратный курс (точка 3), по команде наблюдателя у компаса наблюдателю у экрана РЛС останавливают секундомер (по его отсчету определится величина полупериода циркуляции T_{180}).

5. Продолжают измерения и их запись по командам наблюдателя у РЛС.

6. Когда судно изменит курс на 360° (точка 4), по команде наблюдателя у компаса останавливают последний секундомер (по его отсчету определится величина полного периода циркуляции T_{360}).

Обработка наблюдений производится следующим образом. На планшете или миллиметровой бумаге в увеличенном масштабе откладывают от произвольной точки (от буя) измеренные пеленги и расстояния, надписывая над каждой полученной точкой момент времени по секундомеру и отсчет лага. Через полученные точки проводят плавную огибающую линию, которая и будет представлять собой путь судна на циркуляции. С нее можно снять все элементы циркуляции, необходимые для заполнения таблицы циркуляции.

Если возникает необходимость уточнить только диаметр циркуляции $D_{ц}$ и величину ее полупериода T_{180} , наблюдения осуществляются проще:

на траверзе буя (рис. 193) по команде наблюдателя у компаса (который запускает и секундомер) переключают руль на указанное количество градусов; наблюдатель у экрана РЛС измеряет расстояние до буя D_1 ;

в момент прихода судна на обратный курс останавливают секундомер (по его отсчету получают время полупериода циркуляции T_{180}); одерживают судно на обратном курсе;

с приходом на траверзе ориентира по команде наблюдателя у компаса вновь измеряют расстояние до буя D_2 .

Вычисляют: $D_{ц} = D_2 - D_1$.

§ 93. ПЛАВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ

Туман, осадки в виде дождя или снега затрудняют наблюдение, а часто и полностью закрывают берега с находящимися на них ориентирами, знаки плавучего ограждения. В этих условиях судну, кроме навигационных опасностей, угрожает опасность столкновения с другими судами. Поэтому плавание в условиях ограниченной видимости требует большого внимания и осторожности, особенно при следовании вблизи побережья и в районах с интенсивным движением судов.

Использование современных технических средств судовождения значительно расширило возможности обеспечения безаварийности такого плавания. В то же время это не снимает с судоводителя обязанности принимать все другие возможные меры контроля за перемещением судна и тщательным ведением счисления его пути.

Решающее значение при плавании в условиях ограниченной видимости приобретает учет дрейфа и течения, точное удержание судна на курсе, знание маневренных элементов судна, четкий учет поправок всех электронавигационных приборов и мореходных инструментов.

При ухудшении видимости, перед входом в полосу ограниченной видимости необходимо принять следующие меры предосторожности для обеспечения дальнейшего плавания:

быстро и по возможности точно определить место судна, всеми возможными способами проверить поправку компаса;

предупредить вахту в машинном отделении о возможных реверсах; сличить часы штурманской рубки и машинного отделения, уменьшить скорость до умеренной, опробовать все звуковые средства туманной сигнализации и подавать туманные сигналы согласно МППСС—72;

включить радиолокатор и начать радиолокационное наблюдение за окружающей обстановкой;

выставить впередсмотрящего, обеспечить его связь с мостиком; в дневное время суток включить ходовые огни, так как электрический свет заметен на большем расстоянии, чем силуэт судна;

выключить или затемнить огни, мешающие наблюдению;

включить эхолот при плавании в районах малых или отличительных глубин;

внести запись в судовой журнал о времени ухудшения видимости и принятых мерах.

Во время плавания в ограниченной видимости следует вести самое внимательное слуховое и зрительное наблюдение за окружающей об-

становкой, чтобы своевременно обнаружить все звуковые сигналы встречных судов и различные средства ограждения опасностей.

Дальность слышимости сигналов зависит от температуры и влажности атмосферы, направления ветра, а также от расположения наблюдателя. Если звук идет с наветренной стороны, его раньше услышит наблюдатель, находящийся ближе к воде, если с подветренной — находящийся выше от воды. Поэтому часто необходимы два наблюдателя.

Судовая РЛС должна все время работать в режиме поиска. С обнаружением на экране эхо-сигнала встречного судна его необходимо сразу же нанести на планшет и постоянно вести прокладку судна по пеленгам и расстояниям с целью определения элементов движения и предотвращения столкновения.

Если есть основание считать, что ухудшение видимости будет длительным, следует изменить курс и проложить его на таком расстоянии от берега, чтобы судно могло пройти безопасно в случае, если бы были допущены погрешности при выполнении счисления. С этой целью следует заранее наметить предохранительную изобату, исходя из конкретных условий плавания и обстановки. За пределы этой изобаты судно не должно заходить.

Ошибки счисления при пониженной видимости на одинаковом отрезке пути будут в общем случае больше, чем при плавании в хорошую видимость. Они могут увеличиться еще и за счет вынужденных изменений скорости судна, связанных с переменной видимостью и наличием встречных судов. Поэтому следует как можно реже менять курсы, если к этому нет особой необходимости. Нужно чаще сличать компасы, контролировать скорость по лагу и оборотам машин.

Место судна при пониженной видимости следует определять насколько возможно часто. Контроль за движением судна во многих случаях помогают ограждающие линии положения, связанные с измерением расстояний, изобат, радиопеленгов и пр. Роль обсервации в этих условиях возрастает, хотя получать их становится все труднее, так как невозможно использовать визуальные методы.

Для обеспечения безопасности плавания и подхода к портам в условиях ограниченной видимости были разработаны различные специальные технические средства, излучающие как воздушные, так и подводные звуковые сигналы. Так, например, на многих маяках и буйях в тех районах, где туманы особенно часты, для опознавания места устанавливаются источники звука, характеристика сигналов которых указывается в пособиях «Огни и знаки» и в лощих. Но так как звуковая волна в воздушной среде распространяется не прямолинейно, а отклоняется в горизонтальной и вертикальной плоскостях, создавая мертвые зоны вблизи источника звука, воздушные звуковые сигналы не могут служить надежным средством для определения места судна и используются только для приближенной ориентировки.

Подводные звуковые сигналы распространяются в воде со средней скоростью 1500 м/с, т. е. в четыре с лишним раза быстрее, чем в воздухе. Дальность действия подводных излучателей значительно больше, чем воздушных, и зависит в основном от температуры, солености и гидростатического давления воды, мало изменяясь при волнении и течении.

Благодаря быстрому развитию радиотехнических средств судовождения, в частности радиолокации, а также появлению радиотехнических средств навигационного оборудования, гидроакустические методы определения места судна с помощью береговых установок на судах транспортного флота не получили значительного распространения.

Более широко для определения места судна в условиях пониженной видимости используется судовая гидролокационная станция (ГЛС). Она может работать в двух режимах — эхо- и шумопеленгования. В первом режиме ГЛС излучает импульсы ультразвуковых волн и принимает их в виде эхо-сигналов, отраженных от встретившихся на пути объектов. Измерение направления на отражающий объект и времени прохождения звуковых импульсов до него и обратно дает возможность определить положение объекта относительно судна или определить место судна по отношению к объектам.

Дальность действия ГЛС в режиме эхо-пеленгования зависит от мощности излучаемых импульсов, акустических свойств воды, солёности, отражающих свойств объектов и ряда других причин. Обычно она бывает в пределах 1,5—2,5 мили. Разрешающая способность ГЛС по расстоянию 1—2 м, по углу 2—3°. Точность измерения расстояний около 1—2%, точность определения пеленга 2—3°.

В режиме шумопеленгования ГЛС импульсов не излучает, а только фиксирует направления на источники звука в секторе прослушивания. Такими источниками могут быть специальные излучатели для определения места судна (места их установки указаны в пособии «Радиотехнические средства навигационного оборудования»). В этом режиме ГЛС могут дать только один навигационный параметр — курсовой угол или пеленг на источник звука.

Наиболее надёжными способами определения места судна в условиях ограниченной видимости являются определения при помощи радиотехнических средств.

В районах, где имеются характерные глубины, которые можно рассматривать как своеобразные ориентиры, или там, где путь судна пересекает несколько изобат, показанных на карте, для уточнения счислимого места судна используют способы опознания места по глубинам. Для этого надо:

рассчитать, за какой промежуток времени при данной скорости судно проходит расстояние между соседними обозначениями глубин на карте по направлению пути;

измерить ряд глубин через рассчитанные промежутки времени, при каждом измерении заметить время по часам и отсчет лага;

измеренные значения глубин исправить соответствующими поправками (поправка за углубление вибратора, поправка за уровень моря, высоту прилива, которая численно равна высоте прилива, выбираемой из Таблиц приливов на момент измерения глубины);

нанести на лист кальки меридиан и параллель и проложить на ней линию пути судна; на линии пути от точки, выбранной за начальную, в масштабе карты отложить расстояние, пройденное судном от момента измерения первой глубины до момента очередного измерения (рис. 194); у каждой точки обозначить величину измеренной и исправ-

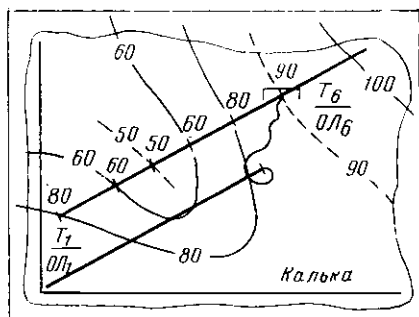


Рис. 194

ленной глубины, а у начальной и последней точек, кроме того, — время по часам и отсчет лага;

на карте карандашом провести дополнительные изобаты рядом с линией пути судна, соответствующие измеренным и исправленным глубинам;

кальку наложить на карту в районе счислимго места и, перемещая ее так, чтобы линия меридиана кальки была параллельна меридианам карты, добиться совмещения нанесенных на линии пути точек

с изобатами (отметками глубин), соответствующими помеченным у этих точек глубинам; если точное совмещение окажется невозможным, то найти такое положение кальки, при котором нанесенные на ней точки будут находиться возможно ближе к соответствующим изобатам; в точке, соответствующей последнему измерению глубин, сделать накол острием циркуля, на карте полученную точку обозначить услов-

ным знаком $\boxed{\bullet}$ как место, опознанное по глубинам.

Если удовлетворительного совпадения глубин добиться не удается, то кальку необходимо несколько разворачивать, нарушая в разумной мере параллельность меридианов на карте и кальке. В случае совпадения измеренных глубин с нанесенными на карте угол между линиями пути на кальке и на карте покажет величину неучтенного сноса от течения или дрейфа. Если на карте не окажется глубин, совпадающих с измеренными, то следует подобрать такое положение кальки, при котором измеренные глубины будут отличаться от глубин, данных на карте, на одну и ту же величину. Это явление вполне объяснимо возможными колебаниями уровня за счет сгонно-нагонных, ветровых и других явлений.

Способ дает хорошие результаты, если глубины на карте нанесены по данным промера достаточной точности и подробности, в районе плавания они не являются однообразными, но и не беспорядочно изменяющимися, среди всех использованных изобат есть хотя бы две, пересекающие линию пути под углом не менее 30° . Наиболее благоприятны условия опознания места по глубинам в прибрежных районах. В мористых районах, где промер произведен менее тщательно, ошибки мест, опознанных по глубинам, могут быть значительными.

При ограниченной видимости необходимо обращать внимание на меняющуюся обстановку вокруг судна. Так, изменение цвета воды и уменьшение ее прозрачности свидетельствуют о приближении судна к берегу, уменьшение волны с наветренной стороны указывает на то, что судно вошло под прикрытия берега. При подходе судна близко к берегам возможно появление плавающей травы, водорослей, мусора и других предметов.

Подходить к берегу надо на самом малом ходу с непрерывным измерением глубин эхолотом и ручным лотом. Необходимо в месте подхода в зависимости от глубин притравить якоря. Если с подходом к предостерегающей зоне не представляется возможным определить место судна, то в зависимости от конкретной обстановки следует встать на якорь, лечь в дрейф или развернуться на обратный курс.

§ 94. ПЛАВАНИЕ В СТЕСНЕННЫХ ВОДАХ

Под стесненными водами следует понимать районы, где ширина свободного прохода для судов ограничена в навигационном отношении такими опасностями, как рифы, мели, банки и др. Маневрирование судна в стесненных водах затруднено и плавание производится по единственно безопасным, нередко весьма стесненным путям. Эти пути определяются специальными фарватерами или рекомендованными курсами, направление которых обозначено различными створными знаками, секторным освещением маяков, а также плавучими маяками, буями, вехами, бакенами. К навигационным стесненным водам (навигационным узкостям) относятся проливы, шхеры, каналы, устья рек.

Все подробности пути при следовании в стесненных водах должны быть заблаговременно изучены с помощью последних изданий карт крупного масштаба, не мельче 1:50 000 или 1:25 000 с последней корректурой, а также лоций, атласов, специальных наставлений и других навигационных пособий для плавания.

После ознакомления с пособиями в соответствии с условиями предстоящего плавания судна выбирают общий маршрут движения, по которому наиболее тщательно нужно изучить:

фарватеры и рекомендованные курсы с имеющимися на них глубинами;

средства берегового и плавучего навигационного оборудования, обеспечивающие безопасное плавание в узкостях;

гидрометеорологические условия плавания: господствующие ветры, течения, осадки, приливо-отливные явления и другие возможные колебания уровня моря и образования льда;

возможность определения места судна с повышенной точностью на наиболее ответственных участках перехода;

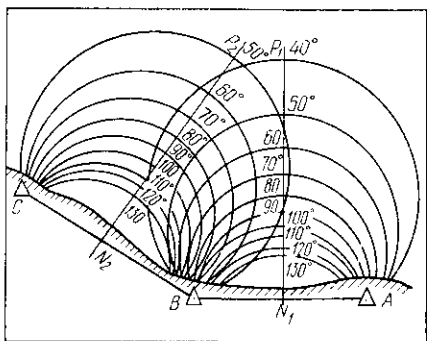
те участки пути, где плавание предполагается в темное время суток, произвести расчет времени, чтобы засветло подойти к этим участкам и предусмотреть места якорных стоянок, защищенных от ветра и волнения.

Далее детально выполняют предварительную прокладку. На картах «поднимают» ориентиры, глубины, участки с сильными течениями, повороты рассчитывают с учетом тактического диаметра циркуляции и мертвого промежутка времени между подачей команды на руль и фактическим началом поворота. От точек начала и конца поворота снимают поворотные пеленги, поворотные расстояния до ближайших радиолокационных ориентиров или намечают поворотные створы. Угол, который

составляет поворотная линия положения с первоначальной линией пути, должен быть по возможности близок к 90° . При расчете крутых поворотов необходимо учитывать смещение кормы и носа судна, чтобы они не оказались занесенными на бровку фарватера. Для каждого участка маршрута выбирают способы определения места судна и ориентиры, оценивают ожидаемую точность обсервации и проверяют, обеспечивает ли она безопасность плавания. На случай непредвиденного изменения обстановки (ухудшение видимости, отсутствие ориентиров на их штатных местах и т. д.) выбирают резервные способы определения места судна и ориентиры, намечают контрольные и опасные пеленги, расстояния, опасные глубины, створы, которые отмечают на картах предварительной прокладки. Опасные изолинии выбирают так, чтобы они ограничивали те места, куда судну заходить опасно. Контрольные и опасные изолинии и линии положения должны быть по возможности параллельными линии пути судна (створы и ориентиры для измерения пеленгов выбирают по носу или за кормой, ориентиры для измерения расстояний — близ траверза).

Для сокращения объема вычислительных и графических работ при определении места судна можно воспользоваться некоторыми изолиниями, соответствующими определенным навигационным параметрам. Если на судне нет готовых карт с напечатанными изолиниями, то их можно заранее нанести на морские навигационные карты района плавания относительно двух или трех ориентиров, вычертив таким образом сетки, закон построения которых определяется особенностями, присущими данному виду изолинии.

Гониометрическую сетку строят по изолиниям, соответствующим измеренным горизонтальным углам. В судовых условиях такую сетку можно построить графически, если на карте нанесены все три ориентира, между которыми будут производить измерения двух углов. Для графического построения гониометрической сетки соединяют прямыми линиями точки A и B (рис. 195), соответствующие местам одной пары ориентиров, и точки B и C — местам другой пары ориентиров, предварительно убедившись, что случая неопределенности не будет. Затем через середины проведенных прямых восстанавливают перпендикуляры, являющиеся линиями



центров N_1P_1 и N_2P_2 , после чего находят центры изолиний, соответствующих измеренным углам, и проводят дуги принятых углов α и β через $1-2^\circ$ в зависимости от масштаба карты.

Сетка лучей служит для быстрого определения места по двум или трем пеленгам. Она может состоять из двух или трех семейств лучей, расходящихся от намеченных для пеленгования ориентиров. Эти лучи должны быть направлены соответственно истинным пе-

Рис. 195

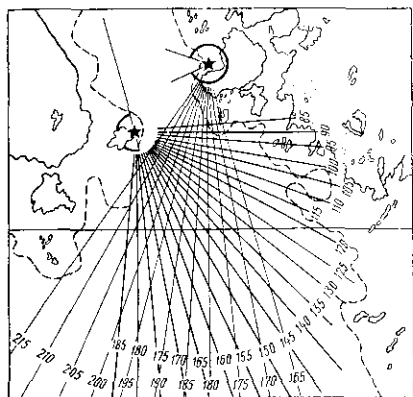


Рис. 196

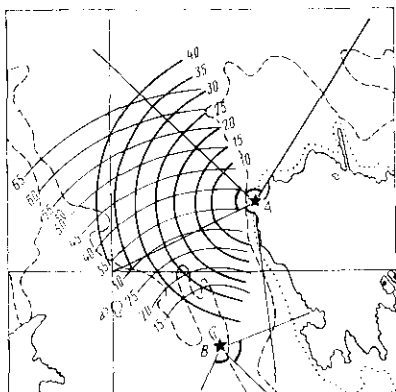


Рис. 197

ленгам через промежутки $2 - 3^\circ$, в зависимости от масштаба карты (рис. 196), и нанесены на карту для удобства пользования разными цветами. У каждого луча надписывают значения истинного пеленга.

Сетку изостадий наносят на карту в виде дуг двух или трех изолиний, являющихся окружностями, проведенными на карте из точек, представляющих собой места ориентиров, радиусами, равными измеренным расстояниям в масштабе карты (рис. 197). Каждую систему дуг наносят разными цветами, у каждой дуги надписывают расстояние до ориентира, которому она соответствует. Расстояния между дугами принимают такими, чтобы можно было при нахождении места судна на карте производить интерполяцию на глаз.

Кроме рассмотренных сеток, на карту можно нанести сетки, образованные комбинированными системами изолиний, отвечающих тем или другим навигационным параметрам, например по пеленгу и горизонтальному углу или пеленгу и расстоянию.

Основные данные предварительной прокладки (истинные и компасные курсы, время лежания на каждом из них, поворотные, контрольные и компасные пеленги, расстояния, глубины) помечают на путевой карте и заносят в таблицы предварительных расчетов.

Плавание в узкостях. При подходе к узкости следует ложиться на входной створ заблаговременно, чтобы имелись достаточное пространство и время для проверки правильности выполненного маневра, устранения ошибок и точного выхода на ось фарватера. Повороты на очередные створы начинать по поворотным пеленгам или расстояниям, рассчитанным при выполнении предварительной прокладки.

Во время плавания нельзя доверять плавучему ограждению, которое может быть снесено со своего места проходящими судами. Поэтому для определения места судна надо использовать в первую очередь штатное береговое ограждение, во вторую — ориентиры береговой черты и уже в последнюю очередь — плавучие ограждения.

Если во время плавания судно будет находиться под действием течения, то все расчеты курсов и поворотов должны быть выполнены с

учетом его сноса. Когда предстоит встретить переменное течение, то следует заранее предвычислить поворот при встречном течении в наиболее опасных участках узкости, что даст возможность уменьшить радиус циркуляции судна и иметь больше времени на ориентировку.

Поворот в узкости рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

предварительно из таблицы циркуляции или графически найти величину d_1 — расстояние от точки пересечения курсов до поворота и после него;

найти положение точки, соответствующей моменту подачи команды рулевому, для большей точности и контроля прихода судна в эту точку рассчитать секущий пеленг или расстояние до какого-либо ориентира, проходящие через эту точку; за изменением вести непрерывное наблюдение;

после прихода судна на рассчитанный пеленг, рассчитанное расстояние, время, показание лага — дать команду рулевому;

после того как судно легло на заданный курс, по поворотному пеленгу или расстоянию проверить правильность поворота или вновь определить место судна.

При наличии ветра и течения, сносящих судно со створа или линии рекомендованного курса, необходимо ввести поправку на угол сноса в ту сторону, откуда дует ветер (идет течение). По результатам последующих наблюдений за положением судна относительно оси створа и обсервациям уточнить первоначально назначенный курс.¹

Место должно определяться наиболее точными способами по береговым ориентирам, как правило, не реже чем через каждые 5—10 мин, а также перед поворотом и по его окончании.

Плавание в шхерах. Шхерами называют скопления островов, скал и камней самой разнообразной формы, окаймляющих побережья некоторых морей и заливов. Шхерные районы в большинстве случаев еще недостаточно изучены, а поэтому карты этих районов могут быть мало достоверны, тем более что рельеф дна в шхерах имеет сложный характер. В районах, где наблюдаются приливо-отливные течения (например, Норвежские, Шотландские), шхеры особенно опасны, так как скорости течения здесь достигают значительных величин.

Фарватеры в шхерах делят на лоцманские и рекомендованные. Лоцманскими пользуются местные лоцманы, подробно знающие пути безопасного прохода судов, но официальных руководств и описаний для плавания по этим фарватерам почти нет.

Рекомендованные фарватеры достаточно подробно описаны в лоциях и других навигационных руководствах, благодаря чему плавание по ним возможно и без лоцманов.

Дневное ограждение в шхерах состоит из естественных и искусственных створов, плавучее — из вех и буев, ночное — из створных и секторных огней маяков (в большинстве районов недостаточно). Маяки и стационарные береговые ориентиры ставят преимущественно в начале шхер для облегчения подхода к ним с моря.

Готовясь к переходу в шхерах, подбирают для района плавания карты крупного масштаба — 1 : 50 000 или 1 : 25 000 и намечают на

них фарватеры, по которым будет потом следовать судно. Отдельно выписывают из описаний характеристики огней, маяков и знаков, обеспечивающих выбранный путь, а из соответствующих лоций — наставления для плавания по выбранному пути.

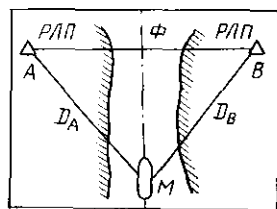


Рис. 198

Плавание в шхерах хотя и должно осуществляться в соответствии с общими рекомендациями плавания в стесненных водах, имеет свои отличия. Весь путь, за исключением некоторых плесов, проходит между опасностями, такими, как скалы, каменные навалы и т. п. В некоторых местах он может быть очень извилист и сопровождаться довольно резкими поворотами на ограниченном пространстве. Поэтому для безопасности прохода управлять приходится не только рулем, но и машинами для уменьшения циркуляции судна на поворотах. В некоторых случаях определить место довольно трудно, так как расположенные очень близко к судну ориентиры проходят настолько быстро, что за период времени, потраченный на измерение их навигационных параметров, судно успевает значительно уйти от обсервованного места. Точность полученных обсерваций при быстромеменяющихся пеленгах не превышает 1—2 кб и совершенно недостаточна, потому что расстояние до окружающих скал и опасностей подчас определяется десятками метров.

Безаварийное плавание в такой обстановке зависит от быстрой глазомерной ориентировки, умелого управления судном и тщательной предварительной проработки плавания. Все внимание во время плавания должно быть сосредоточено на том, чтобы, руководствуясь указаниями стоящих на берегу и на воде средств ограждения, правильно выбрать моменты начала поворотов в соответствии с радиусом циркуляции судна, тщательно наблюдать за тем, чтобы судно не вышло за пределы безопасной зоны.

Использование различных современных технических и радиотехнических средств значительно облегчает плавание в стесненных водах.

Дистанционные радиолокационные створы. Сущность их использования во время обеспечения проводки судна по фарватеру с осью МФ по измерению расстояний с помощью РЛС до двух ориентиров А и В показана на рис. 198. В качестве ориентиров, если они установлены на воде, используют буи с пассивными отражателями, дающие устойчивые эхо-сигналы. На берегу для лучшего опознавания устанавливают маяки-ответчики. Установка отражателей должна быть выполнена с возможно большей точностью, так как ошибки их положения сместят линию движения судна с оси канала.

Если проводка судна осуществляется с помощью РЛС, имеющей ПКД, то ее можно выполнить с высокой точностью. С этой целью, когда судно подходит к началу фарватера и на индикаторе РЛС обнаруживаются эхо-сигналы отражателей А и В, нужно ПКД подвести к ближайшему из эхо-сигналов, например А. Если эхо-сигнал второго отражателя будет находиться на большей дальности от ПКД, то это зна-

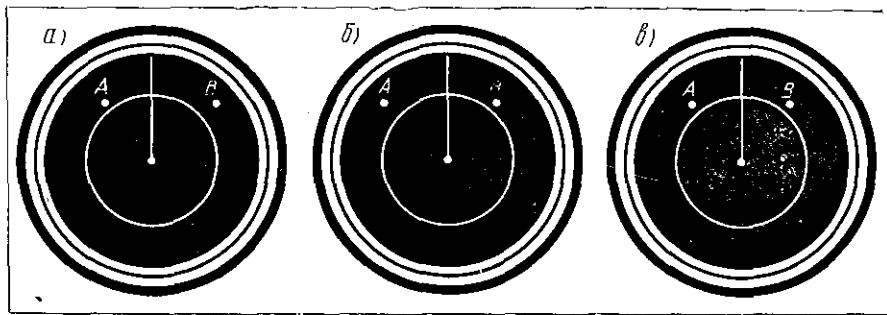


Рис. 199

чит, что судно находится левее створа и нужно изменить курс вправо (рис. 199, а), если, наоборот, эхо-сигнал отражателя А будет дальше от ПКД, нужно изменить курс влево (рис. 199, б). При нахождении на ПКД одновременно обоих сигналов (рис. 199, в) можно с уверенностью считать, что судно вышло на линию створа. В дальнейшем ПКД необходимо все время держать в соприкосновении с эхо-сигналом одного из ориентиров и наблюдать за положением эхо-сигнала второго ориентира, подправляя курс в необходимую сторону.

При отсутствии ПКД проводку выполняют по оценке расстояний от обоих эхо-сигналов до ближайшего НКД глазомерно. Точность в этом случае несколько снижается.

При наличии дрейфа или течения следует заранее подсчитать приближенную величину угла сноса, чтобы избежать излишнего рыскания при определении курса, соответствующего пути судна.

Дистанционные радиолокационные створы обеспечивают проводку судна с большей точностью независимо от видимости.

Береговые радиолокационные станции. Дистанционные радиолокационные створы установлены далеко не на всех фарватерах, а без них судовые РЛС не всегда в состоянии обеспечить безопасное плавание при плохой видимости. Поэтому все более широкое применение получают береговые РЛС, обеспечивающие централизованное диспетчерское руководство движением всех судов в зоне действия станции. Это дает возможность осуществить с высокой точностью организованную проводку под единым командованием сразу нескольких судов.

Активный метод проводки судов с помощью береговых РЛС предполагает полное управление всеми маневрами судна с поста управления береговой РЛС по радиотелефону. Этот метод обеспечивает высокую точность проводки на прямолинейных участках фарватера, когда отклонение судна от его оси заметно сразу. Результаты на извилистых фарватерах значительно хуже, так как даже лучшие береговые РЛС пока не обеспечивают быстрого определения направления движения судна с требуемой точностью. Кроме того, оператор, не зная маневренных элементов проводимого судна, не всегда может дать правильные рекомендации.

Пассивный метод проводки получил более широкое распространение. При этом с поста управления береговой РЛС регулярно передают на судно его место, а управление судном осуществляет капитан (лоцман). В качестве информации судно получает данные о пеленге и расстоянии от судна до станции или до ближайших (иногда условных) ориентиров. Для начала проводки необходимо опознать судно с береговой РЛС, для чего оно должно выполнить какой-либо отличительный маневр. Чаще для этой цели лоцман доставляет на судно портативный маяк-ответчик с кодированной характеристикой.

На фарватерах с большой протяженностью для обеспечения проводки устанавливают несколько береговых РЛС, но управление ими концентрируют, как правило, в одном пункте, куда выносят индикаторы от всех береговых РЛС.

Экспериментальные наблюдения показывают, что с помощью береговых РЛС может быть обеспечена проводка судов по фарватерам шириной 150—200 м при односторонней проводке и по фарватерам шириной 200—300 м — при двусторонней.

§ 95. ПЛАВАНИЕ ВО ЛЬДАХ

Плавание в ледовых условиях является одним из наиболее сложных и к тому же затрудняется в навигационном отношении целым рядом причин. Как правило, в ледовых условиях плавания почти отсутствует плавучее ограждение, затрудняется опознание береговой черты, возникают дополнительные трудности в определении элементов сноса. Постоянная забота об обеспечении безопасности корпуса судна при встрече со значительными ледовыми образованиями вынуждает часто менять курсы и режим работы двигателей. Во многих случаях практически невозможно пользоваться лагами.

В зависимости от конкретной обстановки плавание во льдах может осуществляться либо самостоятельно, либо путем проводки ледоколами, а иногда самолетами или вертолетами.

Плавание судна в ледовой обстановке как под проводкой ледокола, так и самостоятельное становится возможным только после получения всей необходимой ледовой информации. Такая информация передается Управлением гидрометеорологической службы морей, береговыми станциями, ледовыми патрулями, авиаразведками и ледоколами, находящимися в море. Кроме этого, необходимо пользоваться прогнозами погоды на время плавания, а также различными руководствами и наставлениями, издаваемыми Ледовой службой СССР.

Такая информация должна содержать сведения о положении и состоянии кромки льда, общую характеристику ледовых условий на пути и предполагаемые изменения этой характеристики на ближайшие несколько суток. Наиболее достоверными и ценными информацией о ледовой обстановке являются радиоинформации, составленные по последним наблюдениям и донесениям с ледоколов, авиаразведок, патрульных судов и береговых станций. Описание ледяного покрова для любого времени года того или иного моря можно найти в соответ-

ствующих лощах. В них сообщаются сведения по метеорологии, гидрологии и ледовому режиму, помещается иллюстрированный материал в виде карт, указывающих перемещения льдов.

По выбранным сведениям из лоций и ежедневным ледовым информациям можно составить довольно наглядную картину в виде карты ледовой обстановки. Эти данные чаще всего наносят на кальки, снятые с навигационных карт.

Получив таким образом ледовую кальку с рекомендациями своего дальнейшего пути, судоводитель переносит его на путевую карту.

Признаками приближения кромки льдов со стороны моря являются: появление тумана над горизонтом; появление белесых отблесков на облаках в направлении льда; резкое понижение температуры забортной воды; понижение температуры воздуха, особенно при ветре со стороны льда; уменьшение зыби при подходе ко льдам с подветренной и образования толчеи при подходе с наветренной стороны; увеличение земной рефракции, позволяющей видеть иногда льды в виде блестящей белой полосы над горизонтом на фоне неба; шум, шорох и треск, слышимые в штилевую погоду при мертвой зыби.

Радиолокационное наблюдение за горизонтом обычно дает возможность обнаружить положение кромки льда, однако гладкие, отдельно плавающие льдины не всегда дают отражение на индикаторе. Даже крупные айсберги, обращенные к судну пологой стороной, обнаруживаются иногда только в непосредственной близости от судна.

Перед тем как войти в лед, необходимо получить надежную обсервацию. Входить в лед можно только через разряженные слабые места кромки льда самым малым ходом, погасив инерцию судна. Нельзя входить в лед при его торошении в кромке. Вход должен осуществляться по направлению, перпендикулярному к кромке льда. К этому времени лаги должны быть убраны, выставлен, кроме впередсмотрящего на баке, еще один наблюдатель для обзора ледового пространства и выбора удобных проходов во льдах. Войдя в лед, судно выбирает путь по более разряженному льду или разводьям.

Счисление пути судна при плавании во льдах осуществляется по тем же правилам, что и при обычном плавании на чистой воде. Когда же среди льдов приходится выбирать наивыгоднейший путь, часто изменяя курс и скорость судна, методы графической прокладки становятся слишком громоздкими.

В этом случае при частых изменениях курса и скорости пользуются приемом счисления, заключающимся в прокладке на карте генеральных курсов и пройденных расстояний за определенное время (обычно за 1 ч). Для этого в табличной форме ведут запись компасных курсов и скоростей судна через 5—6 мин. Затем по истечении каждого часа рассчитывают средний курс и соответствующую ему среднюю скорость. По полученным данным находят точку на карте, которую смещают на величину суммарного сноса за 1 ч, получая таким образом счислимую точку судна.

Осереднение резко различающихся курсов может привести к значительным ошибкам.

Скорость судна во льдах может быть определена визуально, по наблюдениям с помощью береговых ориентиров, по данным обсерваций с помощью РЛС, РНС и НСС. Для визуального определения на льду замечают какую-либо приметную точку, а иногда выбрасывают за борт с носа судна предмет. Когда последний окажется на траверзе наблюдателя на носу судна, он подает сигнал, а вахтенный штурман на мостике включает секундомер. Когда этот предмет выйдет на траверз второго наблюдателя, находящегося на корме, он, в свою очередь, также подаст сигнал, по которому вахтенный штурман останавливает секундомер. Обозначив длину (часто известную заранее) между наблюдателями S_M (в метрах), а промежуток времени (в секундах) между наблюдениями через Δt , можно определить скорость судна (в узлах) по формуле

$$V = \frac{3600 S_M}{1852 \Delta t} = 1,94 \frac{S_M}{\Delta t} .$$

Величина S_M может быть взята постоянной, тогда по указанной формуле может быть заранее составлена таблица.

Скорость судна при плавании во льдах более точно определяется по измерению расстояний и пеленгов до льдины, эхо-сигнал которой виден на экране РЛС. В качестве ориентира выбирают льдину, расположенную прямо по линии курса судна и дающую отчетливое изображение на экране индикатора, дважды измеряют до нее расстояния (в кабельтовых) D_1 и D_2 через определенный промежуток времени Δt (в секундах). Тогда скорость можно рассчитать по формуле

$$V = \frac{360 (D_2 - D_1)}{\Delta t} .$$

Если льдина, принимаемая за ориентир, расположена в стороне от диаметральной плоскости судна, то, измерив расстояние D_1 до льдины, одновременно замечают пеленг на нее по компасу и включают секундомер. Затем через время Δt вновь измеряют расстояние D_2 до льдины, и, заметив ее пеленг, стопорят секундомер. Отложив на маневренном планшете по взятым пеленгам измеренные расстояния, получают точки N_1 и N_2 (рис. 200), соответствующие эхо-сигналам льдины. Измерив расстояние между этими точками в масштабе планшета, получают пройденное судном расстояние за время между этими наблюдениями, после чего рассчитывают скорость судна относительно льда.

Наличие на судне РЛС позволяет во многих случаях значительно повысить точность счисления. С этой целью на экране РЛС выбирают четкий эхо-сигнал от льдины или тороса A (рис. 201). Тогда, имея исходную точку M_1 , наносят по пеленгу и расстоянию положение эхо-сигнала A на карту и при маневрировании используют его как ориентир для определения места судна в любой момент времени. Подобные ориентиры B, C наносят периодически, они служат как бы опорной сетью для ведения прокладки. Положение судна отмечают на карте на каждый час или по мере надобности (точки M_1, M_2, M_3).

При плавании во льду судно, кроме относительного движения, вместе со льдом совершает переносное движение, которое необходимо учитывать при прокладке так же, как и течение.

Навигационный способ определения угла сноса заключается в определении невязки между считаемым и обсервованным местом на карте. Направление невязки явится направлением сноса, а скорость этого сноса рассчитывается по величине невязки и промежутку времени, прошедшему между предыдущей и последней обсервациями. Этот способ дает положительные результаты, когда счисление пути судна ведется достаточно точно.

Для более точного определения элементов дрейфа льда можно использовать и другой способ, не зависящий от ошибок, связанных с маневрированием судна. Для этого нужно получить обсервацию (с помощью РЛС или любым другим способом) по неподвижным ориентирам в точке M (рис. 202) и в то же время нанести на карту по пеленгу и расстоянию положение эхо-сигнала от приметной льдины A , дрейф которой определяется. Через некоторое время наблюдение повторяют и на карту наносят обсервацию M_1 и положение эхо-сигнала A_1 . Вектор AA_1 будет равен дрейфу льдины за промежуток времени между обсервациями. Маневрирование судна в промежутке между наблюдениями влияния на точность определения дрейфа льда не оказывает.

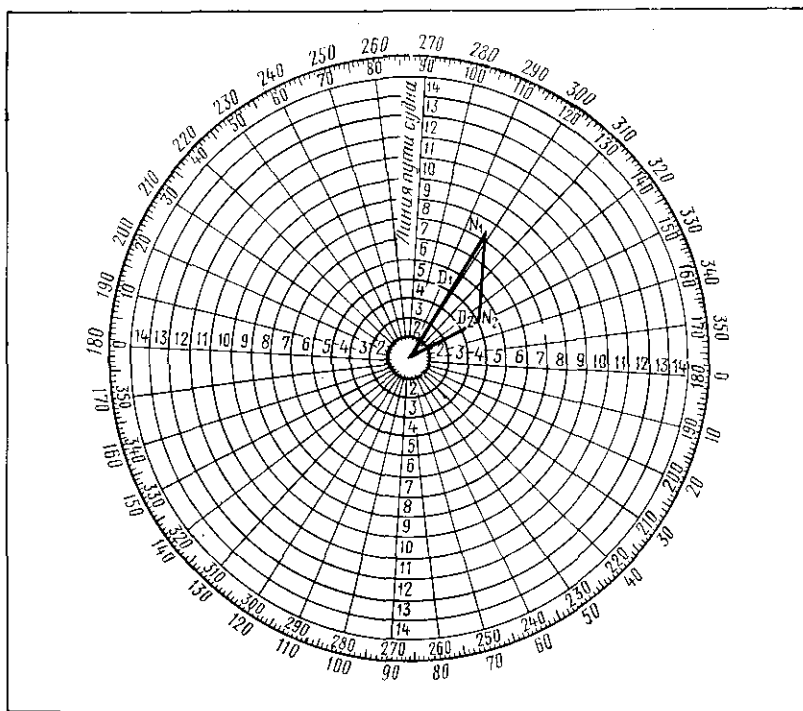


Рис. 200

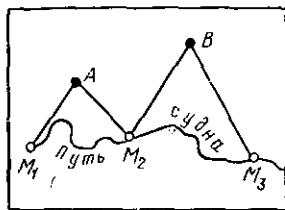


Рис. 201

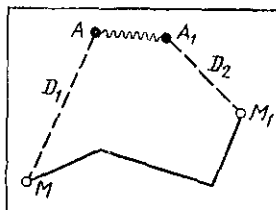


Рис. 202

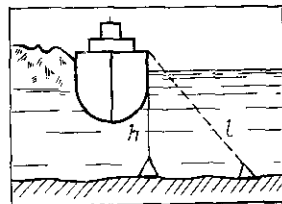


Рис. 203

Если для наблюдений используют неизвестный береговой ориентир или стамуху, то их положение можно принять в произвольной точке и от нее вести указанные построения. Для определения величины и направления вектора AA_1 это значения не имеет.

При отсутствии береговых ориентиров дрейф льда определяют на больших глубинах с помощью механического или ручного лота. Для этого судно останавливают со стороны наветренного борта в районе полыньи и вытравливают лот до грунта. В момент касания дна включают секундомер. По мере натяжения лотиния его свободно отпускают. Когда длина l вытравленного лотиния будет равна от полуторной до двойной глубины места h , лотиний стопорят, и, дав натянуться, останавливают секундомер (рис. 203). По промежутку времени, измеренному секундомером и величинам l и h (в метрах), рассчитывают скорость дрейфа по формуле

$$V_{др} = \frac{1,94 \sqrt{l^2 - h^2}}{\Delta t} .$$

Направление дрейфа определится по направлению лотиния. Способ может быть использован до глубин 100 м.

В судовых журналах судов, совершающих плавание в ледовых условиях, записи должны характеризовать все особенности плавания.

§ 96. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ НАВИГАЦИИ

Повышение эффективности работы транспорта является одним из важнейших факторов роста производительности труда. Исходя из этого основной задачей морского транспорта является постоянное освоение планомерно возрастающего объема перевозок при относительном снижении затрат, т. е. постоянное повышение перевозок и повышение качества работы.

Вопросы более качественной эксплуатации флота наука «Навигация» призвана повышать путем решения двух основных задач:

обеспечения перехода судна из одного порта в другой по наиболее выгодному экономически пути;

совершенствования управления движением судна с целью обеспечения безопасности плавания в различных условиях.

Рассмотрим возможности решения каждой из этих задач с экономической точки зрения.

Первая задача может быть решена путем сокращения времени перехода, так как в общем случае расходы по содержанию судна приблизительно пропорциональны времени. При этом в среднем можно считать, что сокращение ходового времени на 2%, равносильно снижению себестоимости перевозок на 1%.

Так, применение на судах автоматизированных систем, сопряженных с НСС, дает возможность снизить потери ходового времени за счет более точного судовождения примерно на 1%. Это, в свою очередь, обеспечивает уменьшение расхода топлива на танкерах на 2%, на контейнеровозах — на 3%.

Анализ работы флота показывает, что затраты времени на один и тот же переход однотипными судами в равных условиях неодинаковы и колеблются в пределах 10%. Многое зависит здесь от опытности судоводителей и от умения использовать данные прогнозирования элементов морской обстановки. С этой целью организациями ММФ совместно с гидрометеослужбой СССР проделан ряд мероприятий, позволивших организовать движение судов в открытом море по оптимальным путям, рассчитываемым на основе прогнозов гидрометеорологических условий плавания. Экспериментальные проводки судов показали, что внедрение метода может обеспечить экономию ходового времени судов в океане на 2—3%.

Экономия ходового времени дает достаточный эффект даже тогда, когда судно в силу различных причин вынуждено длительное время оставаться на непроизводительной стоянке в порту. Для примера

можно проанализировать это положение с помощью формулы, характеризующей величину общих затрат на содержание судна B ,

$$B = t_1 \frac{Q_x}{24} + t_2 \frac{Q_c}{24},$$

где t_1 — время на ходу;

t_2 — время на стоянке;

Q_x — суточная стоимость судна на ходу;

Q_c — суточная стоимость судна на стоянке.

При уменьшении ходового времени на величину Δt экономический выигрыш очевиден сразу. Пусть теперь, имея выигрыш ходового времени Δt , на ту же величину будет увеличен бесполезный простой в порту. В этом случае затраты на содержание судна

$$B' = (t_1 - \Delta t) \frac{Q_x}{24} + (t_2 + \Delta t) \frac{Q_c}{24},$$

а поскольку $Q_x > Q_c$, то $B > B'$.

Пример. Судно, затратив на переход 25 ч, простояло под разгрузкой в порту 24 ч. Какой экономический выигрыш получило бы судно, если переход был уменьшен на 1 ч, но возросло на 1 ч время стоянки в порту? Суточная стоимость судна на ходу $Q_x = 110$ (условных единиц); суточная стоимость судна на стоянке $Q_c = 100$ (условных единиц).

Решение.

$$B = 25 \frac{110}{24} + 24 \frac{100}{24} = 114,7 + 100 = 214,7;$$

$$B' = (25 - 1) \frac{110}{24} + (24 + 1) \frac{100}{24} = 110 + 104,1 = 214,1.$$

Экономический выигрыш

$$B - B' = 214,7 - 214,1 = 0,6 \text{ (условных единиц).}$$

Следовательно, во всех случаях сокращение ходового времени в рейсе за счет правильного выбора пути должно являться предметом постоянной и обязательной заботы судоводителя.

Решение второй задачи может быть достигнуто совершенствованием целого ряда мероприятий, основными из которых можно назвать следующие.

Расчеты в управлении движением судна, несмотря на возросшую точность и надежность работы технических средств судовождения, в связи с усложнением условий мореплавания (повышенные скорости, возросшая интенсивность судоходства и т. д.) продолжают оставаться одной из причин довольно высокого уровня навигационной аварийности. Основными видами аварий на флоте сейчас являются столкновения судов, посадки на грунт и навалы. На их долю приходится до 70% всех аварий. С повышением стоимости судов и перевозимых грузов экономические убытки от подобных аварий непрерывно растут. Кроме того, последствия аварий могут далеко заходить за пределы непо-

средственного ущерба грузу и судну (например, гибель танкера «Торри Каньон»: он вылил в море 120 тыс. т нефти, нанес ущерб окружающей среде на 40 млн. долл., а экологические последствия происшествия были равны катастрофе. Размер бедствия от танкера «Амоко Кадис» был вдвое больше).

Одной из основных причин таких аварий являются субъективные ошибки судоводителя. Эти ошибки могут быть в определенной мере уменьшены. Для этого судоводитель должен более ответственно относиться к своим обязанностям, быть предельно внимательным, собранным в действиях и расчетах. Огромное значение имеет постоянное повышение уровня профессиональных знаний и навыков.

В значительной мере вопросы экономической эффективности работы судна зависят от того, как качественно и со знанием дела умеет использовать штурман навигационные приборы и различные технические средства судовождения, в каком состоянии он их содержит и контролирует правильность показаний. Примером этому может служить тот факт, что применение на судах только авторулевых обеспечивает фактический годовой доход по флоту в целом в сумме 4—6 млн. руб. Однако были случаи, когда в результате бесконтрольной работы этого прибора авторулевой уводил судно от курса по показаниям вышедшего из меридиана гирокомпы и это приводило к серьезным навигационным авариям.

В практику мореплавания активно внедряются вопросы одностороннего движения по раздельным маршрутам. Этот метод судовождения уже принят международными морскими организациями для многих районов (например, в Английском канале, в Датских проливах и др.). Сущность его заключается в том, что в данном районе моря (в узкостях) суда, двигающиеся в одном направлении, могут идти только по одной строго регламентированной стороне района, не опасаясь встречи с противоположно идущими. Это значительно облегчает и во многом упрощает вопросы маневрирования при расхождении.

Принципы и методы навигационного решения этих задач подробно рассмотрены в следующих параграфах.

§ 97. ПОНЯТИЕ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО ПУТИ

Наивыгоднейшим путем плавания в открытых водах океанов является путь конкретного судна, который при данной гидрометеорологической обстановке и фактическом состоянии судна (степени загрузки, характере груза) позволяет выполнить переход между начальной и конечной точками в кратчайшее время, при условии обеспечения безопасности мореплавания и сохранности перевозимых грузов.

В общем случае (без учета влияния внешних факторов) можно считать, что этим условиям удовлетворяет путь между выбранными портами от ортодромии, так как она является кратчайшим расстоянием между двумя точками на земной поверхности.

Однако практика мореплавания показала, что для успешной работы судна кратчайший путь не всегда является выгодным. Выгоден он

тогда, если у судоводителя есть твердая уверенность, что на этом пути он не встретит ураганов, встречных ветров, значительного волнения, плавучих льдов. Если такой уверенности нет, то лучше избрать не кратчайший, а наивыгоднейший путь, который будет являться безопасным в навигационном отношении и даст судну возможность совершить переход в самое короткое время с наименьшим риском за судьбу судна и груза.

Для океанских плаваний созданы специальные справочные карты и описания наивыгоднейших путей, которые составлены на основании изучения и анализа ветроволнового режима районов плавания и обобщения опыта судоводителей. Эти пособия составляются для различных времен года, а также для различных типов судов с различной мощностью машин. В них в разумных пределах учитываются возможности плавания и по ортодромиям. К таким пособиям относятся: «Океанские пути мира», «Карты гидрометеорологических элементов», «Ocean Passages for the World», «Pilot-chart» и др. Однако составленные по осредненным данным эти пособия не всегда соответствуют действительности. Поэтому выбор наивыгоднейшего пути по ним является только приближенным.

В отличие от сезонных рекомендованных путей, основанных на среднестатистических погодных данных, в настоящее время наивыгоднейший путь рассчитывают по фактической и прогнозируемой погодной обстановке на маршруте движения с учетом функциональной зависимости скорости судна от воздействия волнения и ветра¹.

§ 98. СУЩНОСТЬ ПЛАВАНИЯ ПО ДУГЕ БОЛЬШОГО КРУГА

Как уже указывалось, часто наивыгоднейший путь судна из одной точки земной поверхности в другую совпадает с кратчайшим расстоянием между этими точками, т. е. с дугой большого круга (ДБК). Трудность заключается в том, что на применяемых для целей судовождения меркаторских картах ортодромия в виде прямой линии не изображается. На них для прокладки курсов удобнее использовать локсодромию.

При плавании по экватору и меридиану или вблизи их ортодромия и локсодромия либо совпадают, либо разнятся по величине незначительно. Но с увеличением широты и на курсах, отличающихся от 0 или 180°, эта разница между ними становится все ощутимее. Известно, что в средних широтах при плавании на 500 миль локсодромия длиннее ортодромии на 0,5 мили, при плавании на 1000 миль — на 3,5 мили, а при плавании, например, между портами Иокогама и Сан-Франциско, расстояние между которыми по локсодромии равно около 4700 миль, эта разница составляет уже более 200 миль.

Сущность плавания по дуге большого круга (ортодромии) известна давно и сводится к следующему. Дуга большого круга непрерывно меняет свое направление относительно меридианов, пересекая их под

¹ Подробно см. § 100 настоящего учебника.

различными углами. Следовательно, курс судна при плавании по ортодромии должен непрерывно изменяться, начиная от начального курса при выходе из пункта отхода и до конечного — при подходе к пункту назначения. Но к частому изменению курсов не прибегают, так как уже установлено, что на коротких участках разность длин локсодромии и ортодромии незначительна. Поэтому практически плавание по ДБК осуществляют постоянными курсами по отдельным коротким отрезкам локсодромии, представляющим собой хорды дуги ортодромии. В этом случае изображение дуги ортодромии в виде ломаной линии наносят на меркаторскую карту по ее начальным и конечным координатам и по координатам заранее выбранного числа промежуточных точек.

Для принятия решения о плавании по ДБК необходимо выяснить величину разности ΔS между длинами дуг большого круга $S_{орт}$ и локсодромий $S_{лок}$. Она может быть получена с помощью табл. 23-б МТ—75. Аргументами для входа в таблицу служат: широта пункта отхода φ_1 , широта конечного пункта φ_2 и разность долгот $\Delta\lambda$ между этими пунктами. Табл. 23-б имеет три входных аргумента, что приводит к необходимости применять способ тройной интерполяции. Для ускорения работы тройную интерполяцию обычно выполняют так: сначала выбирают основное значение $\Delta S'$ по ближайшим значениям всех трех аргументов, а затем основное значение исправляют поправками.

Пример. Определить разность между длиной локсодромии и ортодромией, если плавание будет совершаться от Иокогамы ($\varphi_1 = 34^\circ 40' N$; $\lambda_1 = 140^\circ 00' O^{st}$) до Сан-Франциско ($\varphi_2 = 37^\circ 40' N$; $\lambda_2 = 123^\circ 00' W$).

Решение.

1. Находим разность долгот:

$$\begin{array}{r} -\lambda_2 = -123^\circ 00' \\ -\lambda_1 = +140^\circ 00' \\ \hline РД = \Delta\lambda = 263^\circ 00' = 360 - 263 = +97^\circ 00' = 97^\circ 00' O^{st}. \end{array}$$

2. По $\varphi_1 = 30^\circ N$; $\varphi_2 = 40^\circ N$; $\Delta\lambda = 95^\circ$ выбираем основное значение $\Delta S' = 213$ миль.

3. Находим поправки к основному значению:

$$\text{за } \varphi_1 \rightarrow (\varphi_{\text{табл}} - \varphi_1) \left(\frac{\Delta S_{\varphi_1=40^\circ} - \Delta S'_{\text{табл}}}{10} \right) = 4,7 \frac{(240 - 213)}{10} = 4,7 \cdot 2,7 = +12,7;$$

$$\text{за } \varphi_2 \rightarrow (\varphi_{\text{табл}} - \varphi_2) \left(\frac{\Delta S_{\varphi_1=30^\circ} - \Delta S'_{\text{табл}}}{10} \right) = 2,3 \left(\frac{175 - 213}{10} \right) = 2,3 (-3,8) = -8,7;$$

$$\text{за } \Delta\lambda \rightarrow (\Delta\lambda_{\text{табл}} - \Delta\lambda_{\text{зад}}) \left(\frac{\Delta S_{\Delta\lambda=100^\circ} - \Delta S'_{\text{табл}}}{5} \right) = 2 \left(\frac{253 - 213}{5} \right) = 2 \cdot 8 = +16.$$

4. Исправляем основное значение поправками и получаем действительное значение ΔS :

$$\Delta S = \Delta S' + (+12,7 - 8,7 + 16) = 213 + 20 = 233 \text{ мили.}$$

Длину локсодромии для больших расстояний и при курсах менее 45° в четвертном счете отыскивают на меркаторских картах обычными приемами с большими ошибками. Поэтому для этой цели рекомендуется использовать аналитические способы расчета или метод, получивший название способа Гамалея.

При курсах в четвертном счете до 45° локсодромическое расстояние $S_{\text{лок}}$ может быть найдено аналитическим или графическим решением формулы (59)

$$S_{\text{лок}} = \frac{PШ'}{\cos K}.$$

При графическом решении способом Гамалея необходимо: рассчитать разность широт $PШ$ (рис. 204) точек отхода и прихода и полученный числовой отсчет в градусах и минутах отмерить по горизонтальной рамке карты (т. е. выразить число $PШ$ в экваториальных милях); найденный отрезок отложить от точки b по вертикальной рамке и полученную точку c перенести в точку C (т. е. выразить $S_{\text{лок}}$ в экваториальных милях);

измерить отрезок CB и отложить его на горизонтальной рамке карты, сняв с нее числовой отсчет величины отрезка. Полученное число будет точным выражением длины локсодромии $S_{\text{лок}}$ (в милях).

При курсах в четвертном счете более 45° локсодромическое расстояние с достаточной точностью можно найти обычным путем, используя линейный широтный масштаб карты, либо аналитическим или графическим решением формулы

$$S_{\text{лок}} = \frac{PД' \cos \varphi_{\text{ср}}}{\sin K}.$$

При графическом решении необходимо:

из начальной точки плавания A провести линию под углом $90^\circ - \varphi_{\text{ср}}$ к меридиану (рис. 205);

на эту линию перенести по его величине отрезок $AB = S$ ($AB = \frac{PД'}{\sin K}$, следовательно, выражен в экваториальных милях) и получить на ней $AB' = AB$;

точки A и B' спроектировать на горизонтальную рамку карты.

Численная величина полученной проекции является точным выражением длины локсодромии в морских милях.

Остается выяснить допустимую длину, а следовательно, и число отрезков локсодромии, по которым судно будет перемещаться на намеченной ломаной линии, изображающей дугу ортодромии. Из опыта

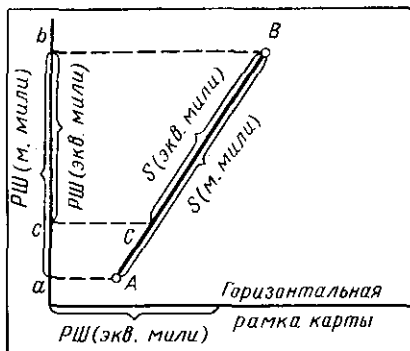


Рис. 204

известно, что при значениях ортодромической поправки $\psi < 5^\circ$ разница между длиной локсодромии и ортодромии не превышает 0,1%. Поэтому, если длину локсодромии выбрать такой, чтобы значение ортодромической поправки между координатами ее начала и конца (между промежуточными точками) было меньше 5° , то плавание по этим отрезкам по сравнению с ортодромией удлинится не более чем на 0,1%, что составит всего 1 милю на 1000 миль плавания по нанесенной ломаной линии. Такой разницей, безусловно, можно пренебречь.

Из приближенной формулы (80) ортодромической поправки для $\psi = 5^\circ$ можно найти допустимую разность долгот между промежуточными точками

$$5^\circ = \frac{1}{2} PД \sin \varphi_{\text{ср}},$$

откуда

$$PД = \frac{10^\circ}{\sin \varphi_{\text{ср}}}.$$

Из полученного выражения видно, что в высоких широтах промежуточные точки вполне достаточно выбрать на таких расстояниях друг от друга, чтобы интервал разности долгот между ними составлял 10° . Для низких широт этот интервал может быть и большим. Так, например, для средней широты $\varphi_{\text{ср}} = 30^\circ$ он может составить уже 20° .

Возможны и такие случаи, когда дуга большого круга, обращенная всегда своей выпуклостью в сторону ближайшего полюса, будет пересекать довольно высокие широты, где плавание судов затруднено или окажется совсем невозможным из-за ледовых, гидрометеорологических или других неблагоприятных условий. Так, например, зимой в Северной Атлантике рекомендуется следовать, обходя с юга плавающие льды в районе Нью-Фаундленда. В подобных обстоятельствах прибегают к составному плаванию: от пункта отхода до так называемой ограничивающей параллели, выше которой судно не должно заходить, расчет плавания ведут по ортодромии, затем по локсодромии, совпадающей с выбранной параллелью, а далее по ортодромии от ограничивающей параллели до пункта прихода.

Расчет плавания по ДБК может быть осуществлен по формулам сферической тригонометрии. Этот способ расчета хотя и дает точные результаты, но из-за громоздкости вычислений почти не применяется. В последнее время появились более простые и удобные способы расчетов, обеспечивающие в то же время вполне надежную точность.

Одним из них является способ, указанный в МТ — 75 в разделе, в котором объясняется, как пользоваться таблицей 23-б.

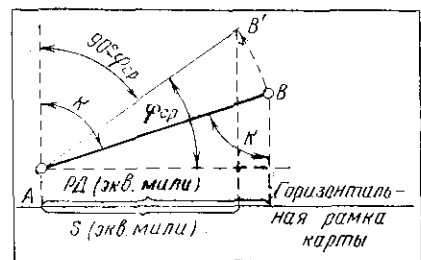


Рис. 205

§ 99. СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ДУГИ БОЛЬШОГО КРУГА
НА МЕРКАТОРСКУЮ КАРТУ

Использование ортодромической поправки. На генеральной карте в меркаторской проекции соединяют прямой линией (локсодромией) точку отхода 1 и точку прихода n (рис. 206). Для нанесения ортодромии на карту локсодромию от точки 1 разбивают меридиональными линиями на равные участки так, чтобы разность долгот каждого не превышала 10° .

Для получения точки 2 ортодромии из точки 1 проводят прямую $1-2$ до пересечения с меридианом первого участка, определяемую углом K_{1x} , который рассчитывается по формуле

$$K_{1x} = K_1 + \psi_1 - \frac{\psi_1}{n},$$

где K_{1x} — курс судна по первой хорде ортодромии;

K_1 — локсодромический курс из точки 1 в точку n (снимается с карты);

ψ_1 — ортодромическая поправка для всей локсодромии (выбирается из табл. 23-б МТ-75 по φ_1 , φ_n , $\Delta\lambda = \lambda_n - \lambda_1$).

Получив точку 2 первого участка, вновь соединяют ее с точкой n и, рассчитав ортодромическую поправку ψ_2 по координатам точек 2 и n , проводят направление второй хорды ортодромии, рассчитав его как

$$K_{2x} = K_2 + \psi_2 - \frac{\psi_2}{n-1}.$$

Найдя конечную точку 3 второго участка, опять соединяют ее с точкой n . Такие последовательные построения и расчеты K_i выполняют до тех пор, пока прокладываемая дуга большого круга не достигнет конечной точки.

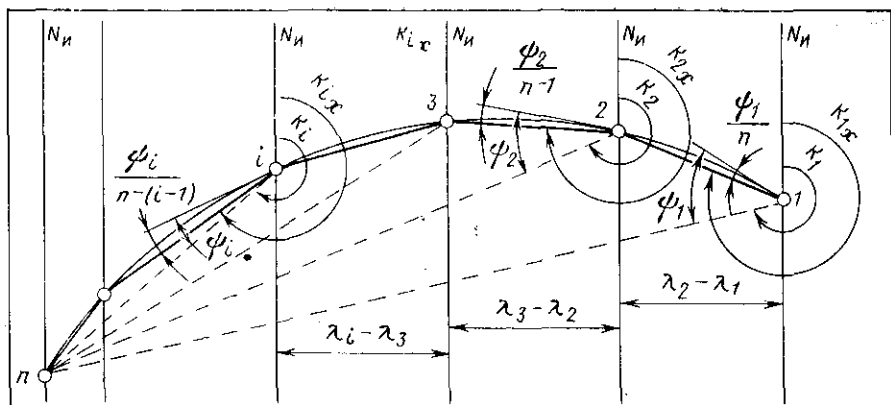


Рис. 206

Направление хорды участка ортодромии, принимая его в дальнейшем за истинный курс судна, рассчитывают каждый раз по формуле

$$K_{ix} = K_i + \psi_i - \frac{\psi_i}{n - (i - 1)}.$$

Знак ортодромической поправки в северном полушарии отрицательный при курсах от 0 до 180°, положительный — при курсах от 180 до 360°. В южном полушарии знаки поправки меняются на обратные.

По координатам, снятым с генеральной карты, промежуточные точки наносят на путевые. От них прокладывают найденные истинные курсы (промежуточные локсодромические курсы), которые будут представлять собой предварительную прокладку. Во время исполнительной прокладки при наличии течения и ветра их учитывают, а промежуточные курсы принимают за пути. При получении обсерваций курсы подправляют с расчетом выйти в ближайшую промежуточную точку.

При составном плавании промежуточные курсы от пункта отхода рассчитывают до ограничивающей параллели, затем продолжают плавание по ней, а далее, когда новый рассчитанный промежуточный курс окажется направленным севернее (южнее) ограничивающей параллели, вычисляют промежуточные курсы до пункта прихода.

Пример. Проложить дугу большого круга на меркаторской карте из точки I ($\varphi_1 = 50^{\circ}00' N$; $\lambda_1 = 10^{\circ}00' W$) в точку n ($\varphi_n = 42^{\circ}00' N$; $\lambda_n = 60^{\circ}00' W$). Повороты на новый курс выполнять через 10° долготы.

Решение.

1. Снять с карты локсодромический курс из точки I в точку n . Он равен $K_1 = 257,0^{\circ}$.
2. Пользуясь аргументами $\varphi_1 = 50^{\circ}00' N$; $\varphi_n = 42^{\circ}00' N$; $\lambda_n - \lambda_1 = 60^{\circ}00' W - 10^{\circ}00' W = 50^{\circ}00'$, с помощью таблицы 23-6 МТ—75 определить ортодромическую поправку ψ_1 .

Основное значение (по $\varphi_1 = 50^{\circ} N$; $\varphi_2 = 40^{\circ} N$; $\Delta\lambda = 50^{\circ}$) $\psi'_1 = + 19,3^{\circ}$.

Поправка к ψ'_1 за φ_n

$$(\varphi_{\text{табл}} - \varphi_n) \left(\frac{\psi_{\varphi=50^{\circ}} - \psi_{\varphi=40^{\circ}}}{10} \right) = 2 \left(\frac{19,7 - 19,3}{10} \right) = 2 \cdot 0,04 = + 0,08^{\circ} \simeq + 0,1^{\circ}.$$

Действительное значение

$$\psi_1 = + 19,3^{\circ} + 0,1^{\circ} = + 19,4^{\circ}.$$

3. Рассчитать количество участков ортодромии $n = \text{РД} : 10 = 50 : 10 = 5$.
4. Рассчитать направление хорды первого участка ортодромии

$$K_{1x} = 257,0^{\circ} + 19,4^{\circ} - \frac{19,4^{\circ}}{5} = 272,5^{\circ}.$$

5. Отложить на карте от точки I истинный курс, равный $272,5^{\circ}$, на нем отметить промежуточную точку 2, в которой он пересекает долготу $20^{\circ}00' W$ (по выбранной разности долгот для промежуточных курсов, равной 10°). Снять координаты промежуточной точки 2:

$$\varphi_2 = 50^{\circ}17' N; \lambda_2 = 20^{\circ}00' W.$$

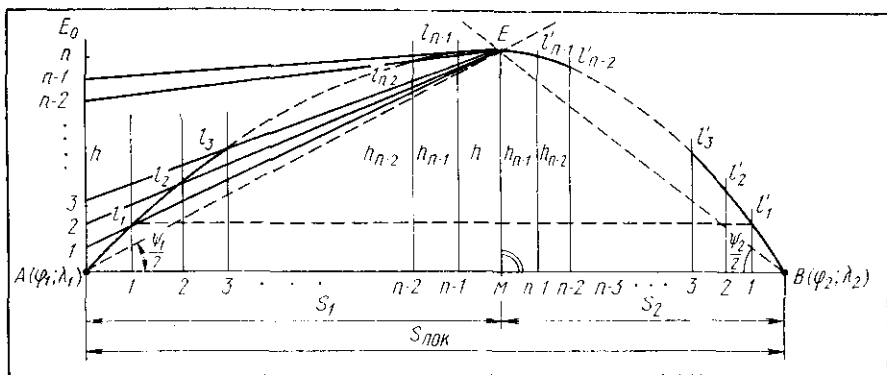


Рис. 207

6. Снять с карты локсодромический курс из точки 2 в точку n . Он равен $K_2 = 253,4^\circ$.

7. Пользуясь аргументами $\varphi_2 = 50^\circ 17' N$; $\varphi_n = 42^\circ 00' N$; $\Delta\lambda = \lambda_n - \lambda_2 = 60^\circ 00' - 20^\circ 00' = 40^\circ 00'$, с помощью табл. 23-6 МТ—75 определить ψ_2

$$\psi_2 = \psi'_2 + \Delta\psi_{\varphi_n} + \Delta\psi_{\varphi_2} = +15,3 + 0,06 + 0,07 = +15,4^\circ.$$

8. Рассчитать направление хорды второго участка ортодромии

$$K_2 = 253,4^\circ + 15,4^\circ - \frac{15,4^\circ}{4} = 265,0^\circ.$$

9. Отложить на карте от точки 2 $IK = 265,0^\circ$ и на нем отметить промежуточную точку 3, в которой он пересекает долготу $30^\circ 00' W$. Снять координаты промежуточной точки 3 и т. д., повторяя все действия от пункта 1 до пункта n с новыми значениями исходных данных от вновь полученных промежуточных точек.

Графический способ А. П. Демина. Общий случай (пункты отхода и прихода расположены в одном полушарии). Графический способ расчета плавания по ДБК, предложенный А. П. Деминим, практически не уступает по точности строгим аналитическим методам. Он осуществляется на генеральной меркаторской карте следующим образом (рис. 207):

1) пункты отхода A и прихода B соединяют прямой линией (локсодромией) и измеряют ее длину $S_{лок}$ (способами, указанными в § 98);

2) по табл. 23-6 МТ—75 выбирают ортодромические поправки ψ_1 — для точки A и ψ_2 — для точки B ;

3) делят длину локсодромии $S_{лок}$ на 400 или 500 миль (примерная длина промежуточных локсодромических курсов) и получают число промежуточных курсов $2n$, т. е.

$$2n = \frac{S_{лок}}{500} \quad \text{или} \quad 2n = \frac{S_{лок}}{400}.$$

Если $2n$ получают нечетными, то всегда округляют до ближайшего четного числа;

4) для получения средней точки ортодромии (точка E) проводят прямые из точки A под углом $\frac{\psi_1}{2}$ к локсодромии, а из точки B под углом $\frac{\psi_2}{2}$ в сторону ближайшего полюса. В пересечении этих прямых будет находиться точка E ;

5) опустив из точки E перпендикуляр на локсодромию, получают точку M , делящую локсодромию на две части S_1 и S_2 ;

6) в точке A или B строят перпендикуляр к локсодромии (например, $AE_0 = h$). Затем этот перпендикуляр и отрезки S_1 и S_2 делят каждый на n геометрически равных частей. При этом можно пользоваться сантиметровой линейкой или горизонтальной рамкой карты;

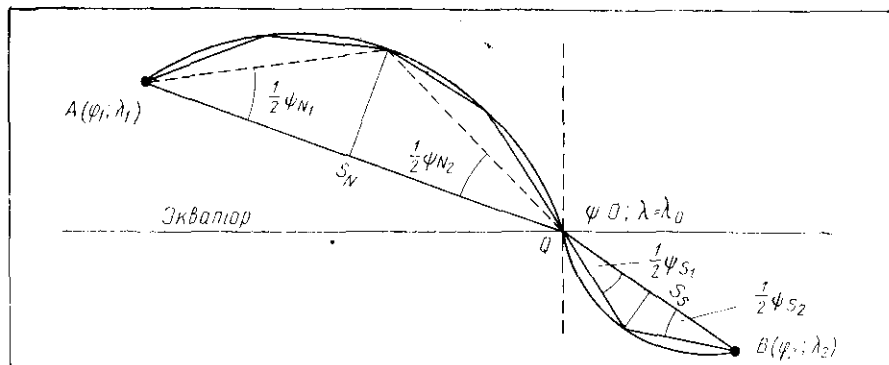
7) из точки E проводят прямые через точки деления прямой AE_0 , а из точек деления отрезка AB проводят перпендикуляры. В пересечении этих линий (тех же номеров) будут находиться промежуточные точки ортодромии $l_1, l_2, \dots, l_{n-2}, l_{n-1}$, в которых судно будет менять курсы.

8) через промежуточные точки проводят прямые, параллельные локсодромии и в пересечении их с перпендикулярами, восстановленными в точках деления отрезка S_2 , имеющими одинаковые номера, получают точки второй половины ортодромии $l'_1, l'_2, \dots, l'_{n-2}, l'_{n-1}$;

9) все полученные точки ортодромии последовательно соединяют прямыми линиями и получают ломаную линию, вписанную в ортодромию. Каждая из этих прямых будет представлять собой промежуточный локсодромический курс, величину которого снимают с карты. По этим истинным курсам затем и совершают плавание по дуге большого круга. При получении обсерваций курсы подправляют с расчетом выйти в ближайшую промежуточную точку;

10) продолжительность плавания каждым промежуточным $ИК$ вычисляется по формуле $t = \frac{S}{V}$ (S — снимается с генеральной карты как длина каждого курса).

Пункты отхода и прихода находятся в разных полушариях. Когда пункты отхода и прихода расположены в разных полушариях (рис. 208), то для построения ортодромии на генеральной карте или



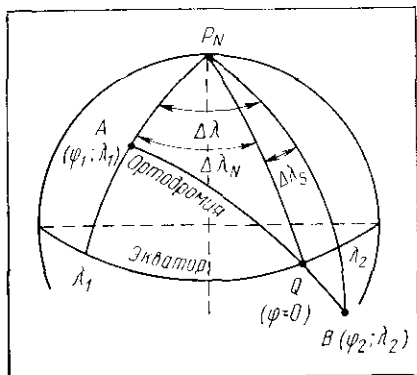


Рис. 209

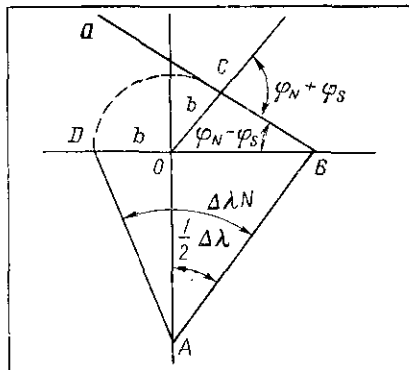


Рис. 210

двух картах (одна для северного полушария, а другая — для южного) нужно определить точку пересечения ортодромии с экватором Q .

Если широты разноименны и по величине не одинаковы, то точка Q не совпадает с точкой пересечения экватора локсодромией, проходящей через пункты отхода и прихода. Совпадение этих точек будет в том случае, когда широты пунктов отхода и прихода разноименны, но по величине одинаковы.

После нахождения точки Q производят расчет плавания по ДБК указанным методом в общем случае раздельно до экватора и после экватора. Для этого выбирают из табл. 23-6 МТ—75 четыре ортодромические поправки $\psi_N, \psi_S, \psi_{S_1}, \psi_{S_2}$.

Долготу точки Q пересечения ортодромии с экватором (рис. 209) можно найти графически следующим образом.

1. На морской карте выбирают любую точку пересечения меридиана и параллели O (рис. 210). Затем на меридиане намечают произвольную точку A . Из точки A проводят под углом, равным $\frac{1}{2} \Delta\lambda$, прямую линию, которая в пересечении с параллелью определит точку B .

2. Из точки B строят прямую Ba относительно параллели под углом, равным $\varphi_N - \varphi_S$ (берут абсолютные значения).

3. К линии Ba строят прямую под углом $\varphi_N + \varphi_S$ (безразлично, относительно направления Ba или aB), проходящую через точку O . Полученный отрезок $b = OC$ переносят циркулем на параллель, где и получают точку D .

4. Соединив точку D с исходной точкой A , получают искомое значение $\Delta\lambda_N = \angle DAB$, а прибавив или отняв эту разность долгот от долготы пункта отхода, получают искомую долготу точки Q .

5. Если по абсолютной величине φ_S будет больше φ_N , то нужно прямую Ba проводить под углом $\varphi_S - \varphi_N$, но в этом случае получают $\Delta\lambda_S$, т. е. разность долгот между точками B и Q , отсчитываемую от меридиана конечной точки ортодромии, находящейся в южном полушарии.

Дуга большого круга ведет в район, где плавание затруднительно. Если ДБК ведет в район, где плавание затруднительно (например,

ледовыми условиями, встречными и свежими ветрами или сильными встречными течениями), то этот район желательно обойти. С этой целью достаточно уменьшить $EM = h$ (рис. 211) на такую величину Δh , чтобы построенная изложенным методом в общем случае ломаная, исходя из нового значения центрального перпендикуляра $h_H = h - \Delta h$, проходила вне неблагоприятного района плавания. При этом плавание по новой, более рационально выбранной ломаной линии увеличится на 1—2% от величины первоначальной разности между локсодромией и ортодромией.

Использование карт в гномонической проекции. Дуга большого круга изображается на картах в гномонической проекции прямой линией. Это позволяет, соединив прямой пункты отхода и прихода и убедившись, что полученная ортодромия проходит в стороне от лежащих на пути опасностей, снять с карты координаты любой точки проведённой прямой, а по ним перенести дугу большого круга на меркаторскую путевую карту.

Карты в гномонической проекции издаются в масштабах от 1 : 10 000 000 до 1 : 35 000 000. Поэтому координаты промежуточных точек снимают с них с некоторыми ошибками, однако для плавания по ортодромии с учетом возможных сносов судна такая неточность вполне допустима. Так как карты в гномонической проекции не конформны, измерять направления и расстояния на них достаточно трудно. Чаще эти данные (промежуточные курсы и плавание по ним) снимают с меркаторской карты после перенесения на нее дуги большого круга.

Иногда для нанесения дуги большого круга на путевые карты используют специальные радионавигационные карты, так как линии пеленгов секторных радиомаяков на них представляют собой ортодромии. Для этой же цели могут быть использованы некоторые карты рекомендованных путей, на которые для районов наиболее интенсивного судоходства заранее наносят дуги больших кругов.

При практическом выполнении необходимо:

на карте в гномонической проекции соединить начальную и конечную точки перехода прямой линией;

полученную прямую разбить от начальной точки на отрезки через 10° по долготе и получить таким образом промежуточные точки;

снять координаты промежуточных точек, перенести их на меркаторскую карту и соединить линиями курсов;

с меркаторской карты снять направления истинных курсов и величину плавания по ним.

При составном плавании из точек отхода и прихода проводят две касательные к ограничивающей параллели. С карты снимают координаты промежуточных точек ортодромий (нанесенных через 10° по

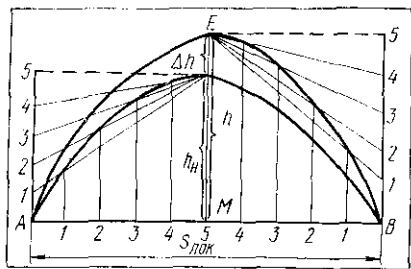


Рис. 211

долготе) от точки отхода до первой точки касания и от второй точки касания до точки прихода и наносят их на меркаторскую карту. Сами точки касания соединяют на меркаторской карте прямой линией.

§ 100. ПЛАВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ВРЕМЯ ПЕРЕХОДА

В пособии «Океанские пути мира» и различных иностранных пособиях, как уже упоминалось, приведены наивыгоднейшие маршруты, характерные стабильностью гидрометеорологических явлений в различные сезоны. Однако значительная динамичность гидрометеословий и слабая изученность океанских поверхностных течений не всегда позволяют признать сезонные пути наиболее выгодными.

В течение рейса по рекомендованному пути вероятно встреча с неблагоприятными метеорологическими явлениями, в то время как в других сравнительно близких к попутным районах океана в этот период могут оказаться области меньшего волнения и отсутствие встречных ветров. Поэтому указанные в пособиях маршруты могут быть приняты лишь как ориентировочные, чтобы своевременными изменениями курсов избежать встречи с полями сильных волнений и сократить, насколько возможно, потери ходового времени в рейсе.

Более прогрессивным методом плавания судов в океане, находящим все более широкое распространение, является следование оптимальными путями, выбранными для конкретного судна с учетом фактических и прогнозируемых гидрометеорологических условий.

Информацию о состоянии моря и приводного слоя атмосферы для различных районов плавания передают радиостанции всех стран, но эта информация, даже полученная на факсимильных картах, дает представление о погоде на сравнительно небольшом отрезке предстоящего пути, так как заблаговременность таких прогнозов не превышает одних суток. В ряде случаев суда, попадая в тяжелые штормовые условия, вынуждены снижать скорость, изменять курс для уменьшения заливаемости, качки, а иногда получают существенные повреждения.

Понятно, что у береговых подразделений гидрометеослужбы, занимающихся обеспечением мореплавания, имеется значительно больше возможностей для получения и обработки гидрометеорологической информации. Поэтому Гидрометеослужбе СССР поручено выдавать рекомендации судам, находящимся в различных районах Мирового океана, о наиболее выгодных путях плавания.

При расчетах наивыгоднейшего пути используется обширная гидрометеорологическая информация на основе наблюдений, поступающих со всего Земного шара, а также от советских искусственных спутников Земли типа «Метеор». Помимо метеорологических характеристик, на синоптических картах наносят и гидрологические данные: высоту, период и направление ветровых волн и зыби, сведения о льдах, айсбергах и т. д. Тщательный анализ всей информации является основой для составления прогностических карт атмосферного давления и волнения по океанам.

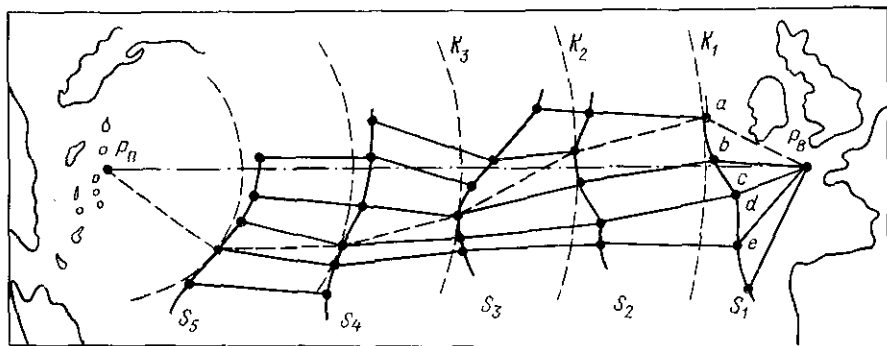


Рис. 212

Координаты пути следования судна рассчитываются на ЭВМ или графическим способом. Графически курс прокладывают следующим образом. Берут бланковую карту в полярной стереографической проекции, на которой прямая линия близка кратчайшему расстоянию между двумя точками, т. е. почти совпадает с дугой большого круга (рис. 212). На карте, где проводятся все расчеты, отмечают пункты выхода P_B и прихода $P_П$ судна и соединяют их прямой линией. Затем из начальной точки P_B веером проводят прямые линии, представляющие собой возможные пути следования судна в первый день. Под эту карту (ее называют основной) подкладывают прогностическую карту первого дня и отмечают высоты волн, направление и силу ветра относительно каждого предлагаемого курса. По имеющимся зависимостям (графикам) потерь скорости судна на волне и ветре определяют положение судна на каждом курсе через сутки. Полученные точки a, b, c, d, e представляют положение судна при предполагаемом волнении и ветре после первого дня плавания. Эти точки соединяют плавной кривой S_1 и к ней восстанавливают перпендикуляры, являющиеся продолжением возможных путей первого дня. После этого под основную карту подкладывают прогностическую карту второго дня и опять отмечают высоты волн, силу ветра и их направления относительно новых курсов. С помощью графиков потерь скорости судна на волне и ветре определяют положение судна к концу второго дня. Полученные точки также соединяют плавной линией S_2 . Аналогичную операцию проделывают для третьего, четвертого и последующих дней в зависимости от того, на сколько дней составлены карты волнения. Далее циркулем с центром в точке прихода $P_П$ проводят касательные к кривым S_1, S_2 и т. д. Путь, проходящий между ближайшими к точке касания первоначальными курсами, и рекомендуется судам. Он учитывает гидрометеорологические условия в океане.

На рис. 212 кратчайший по времени путь показан пунктирной линией с учетом прогноза на 5 сут. Если бы прогноз имелся лишь на 3 сут, то от точки касания кривой S_3 с касательной K_3 построения производились бы аналогично тому, как это было в начальной точке P_B .

После получения уточнённых данных о прогнозе погоды в любой день плавания во время рейса должна быть произведена соответствующая корректировка маршрута.

В настоящее время разработана методика решения задачи по выбору наиболее выгодного пути на счетно-решающих машинах, установленных в береговых центрах. По данным прогнозов о волно-ветровом режиме и информации о потерях скорости на волнении для данного типа судов на ЭВМ методом перебора множества вариантов находят наиболее выгодный путь и данные о нем передают на судно.

Для получения рекомендаций с учетом фактической и прогнозируемой гидрометеорологической обстановки за сутки до выхода в океан необходимо запросить соответствующий прогностический центр.

Прогностический орган Гидрометеослужбы, получив запрос, разрабатывает и передает в адрес судна первую рекомендацию, в которой указывает:

рекомендованный путь не менее чем на трое суток вперед; прогноз ветра, высоты волн, видимости и т. д. по пути судна на первые и вторые сутки перехода.

С момента запроса рекомендаций судно регулярно два раза в сутки обязано сообщать в прогностический центр сведения о позиции судна и погоде в районе плавания. По ним прогностический орган ведет прокладку фактического пути следования судна и ежедневно подтверждает или уточняет ранее выданные рекомендации и погодные условия.

Анализ результатов рейсов, выполненных по рекомендации Гидрометеослужбы, показывает, что большинство рейсов проходило в нормальных условиях, а средний выигрыш ходового времени по сравнению с рейсами однотипных судов, плавающих по сезонным путям, т. е. в соответствии с пособием «Океанские пути мира», составляет около 3%. Такой процент выигрыша ходового времени позволяет получить экономический эффект более 1 млн. руб. лишь на линейных судах, совершающих регулярные трансатлантические рейсы.

Необходимо помнить, что при расчете рекомендованного пути прогностическому центру особенно важно получать информацию с судна к установленному сроку, чтобы своевременно откорректировать рекомендации по самым последним сведениям перед выдачей их на судно. При условии четкого взаимодействия судоводительского состава с группой обеспечения, даже в случаях сложных метеорологических условий, достигается высокая эффективность плавания наиболее выгодными путями.

§ 101. ПЛАВАНИЕ В РАЙОНАХ РАЗДЕЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ

В предыдущих параграфах были рассмотрены возможности проводки судов наиболее выгодными в экономическом отношении путями. Как убедительно показывает практика, учета одних только ранее перечисленных факторов для выполнения поставленной задачи в настоящее время становится недостаточно.

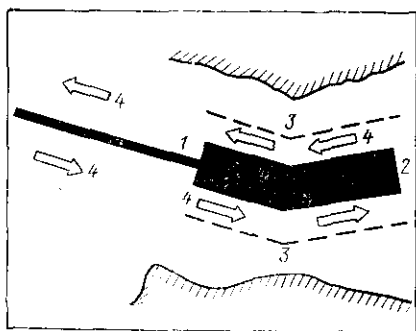


Рис. 213

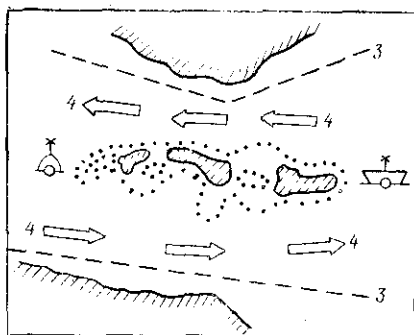


Рис. 214

Быстрый рост морского флота, повышение тоннажа и скоростей судов приводят не только к количественному и качественному изменению состава мирового флота, но и к усилению интенсификации движения на морских путях. Следствием этого является увеличение плотности потоков судов на узловых и концевых участках пути, а это, в свою очередь, приводит к тому, что пропускная способность таких участков становится лимитирующим звеном всей транспортной системы. Кроме того, в местах повышенной концентрации судов увеличивается вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Как указывалось, аварии, связанные со столкновением судов, являются одним из основных и тяжелых видов навигационных аварий.

Наиболее опасным является положение, когда суда идут прямо или почти прямо навстречу друг другу. Опасность столкновения в этих случаях тем больше, чем ограниченнее район возможного маневрирования и сложнее гидрометеорологическая обстановка. Одной из действенных мер, способствующих уменьшению опасности столкновений, является регламентация движения судов в районах интенсивного судоходства и, в первую очередь, разделение встречных потоков судов.

Общие принципы установления путей и систем раздельного движения разработаны по предложениям ряда государств Межправительственной морской консультативной организацией (ИМКО). Они сводятся в основном, к следующему:

в районах интенсивного судоходства на обширных водных акваториях (например, в морях с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями), а также в районах, изобилующих подводными препятствиями, вводятся рекомендованные пути — рекомендованное направление общего движения судов;

в районах интенсивного судоходства с менее свободным для маневрирования судов водным пространством вводится обязательное разделение встречных потоков судов;

судам, не желающим следовать установленными путями или системами разделения движения, рекомендуется держаться от них на достаточно большом расстоянии, чтобы не мешать организованному движению.

Термины определения и условные знаки, касающиеся установления путей и систем разделения движения, одобренные ИМКО и принятые в Советском Союзе, приведены в приложении II.

В качестве общих методов установления путей и систем разделения движения ИМКО рекомендует использовать следующую.

Разделение движения зонами или линиями разделения (рис. 213). Этот метод предусматривает разделение потоков движения судов в районах интенсивного судоходства на строго определенные полосы движения судов, разграниченные между собой зонами 2 или линиями 1 разделения. Ширина и длина зон разделения и полос движения устанавливаются на основе тщательного изучения навигационно-гидрографических и гидрометеорологических условий, интенсивности судоходства, наличия пространства для маневрирования и т. п. В узких проходах и других стесненных для плавания районах вместо зоны разделения может устанавливаться линия разделения. Внешними границами такой системы разделения являются внешние границы полос организованного движения 3, за пределами которых суда могут следовать в любом направлении. Направление движения судов в полосах обязательно указывается стрелками 4.

Разделение движения естественными препятствиями (рис. 214) применяется в тех местах, где имеются острова, скалы, мели, затонувшие суда и другие препятствия, ограничивающие свободное плавание и обеспечивающие естественное разделение встречных потоков судов. Направление движения судов обязательно указывается стрелками 4.

Разделение движения с помощью установления зон прибрежного плавания 5 (рис. 215) применяется в районах интенсивного прибрежного судоходства с целью удаления судов, следующих в прибрежной зоне плавания, от систем организованного движения. Границы полос движения в этом случае могут быть установлены с двух сторон от зоны (линии) разделения 2 или с одной, ограничивающей зону прибрежного плавания. В зоне прибрежного плавания суда могут

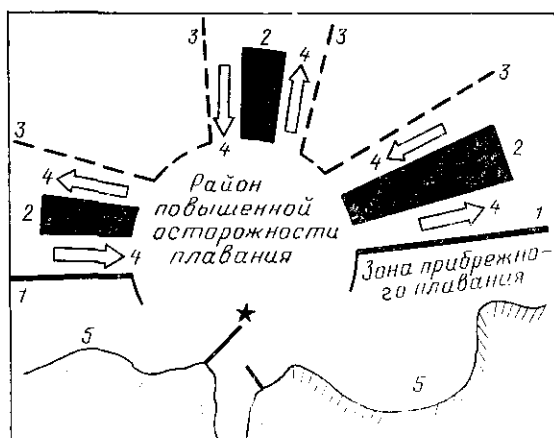
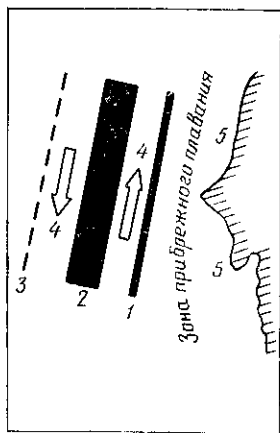


Рис. 215

Рис. 216

следовать в любом направлении. Этой зоной могут также пользоваться суда, следующие транзитом. Сами зоны прибрежного плавания отделяются от полос движения зонами 2 или линиями 1 разделения.

Секторное разделение движения (рис. 216) используется в тех районах, в которых суда, следующие с различных направлений, сходятся в одной точке, или небольшом районе (например, подходы к лоцманским станциям, портам, у входов в каналы, узкости и т. д.). Расположение подходных путей, размеры полос движения и зон разделения, направление движения в них определяются местными условиями.

Установление путей движения в местах схождения и пересечения путей движения или систем разделения может быть осуществлено использованием одного из следующих методов.

1. Разделение движения с помощью установления района кругового движения (рис. 217) применяется в узловых точках, где сходятся несколько рекомендованных путей. Для облегчения плавания в таких местах судам рекомендуется следовать против часовой стрелки вокруг определенного центра района или зоны кругового движения 6 до выхода в соответствующую полосу движения по строго определенным направлениям движения 4.

Радиус района кругового движения, ширина и длина зон 2 или линий 1 разделения и полос движения, ограниченных границами полос движения 3, устанавливаются в зависимости от местных условий.

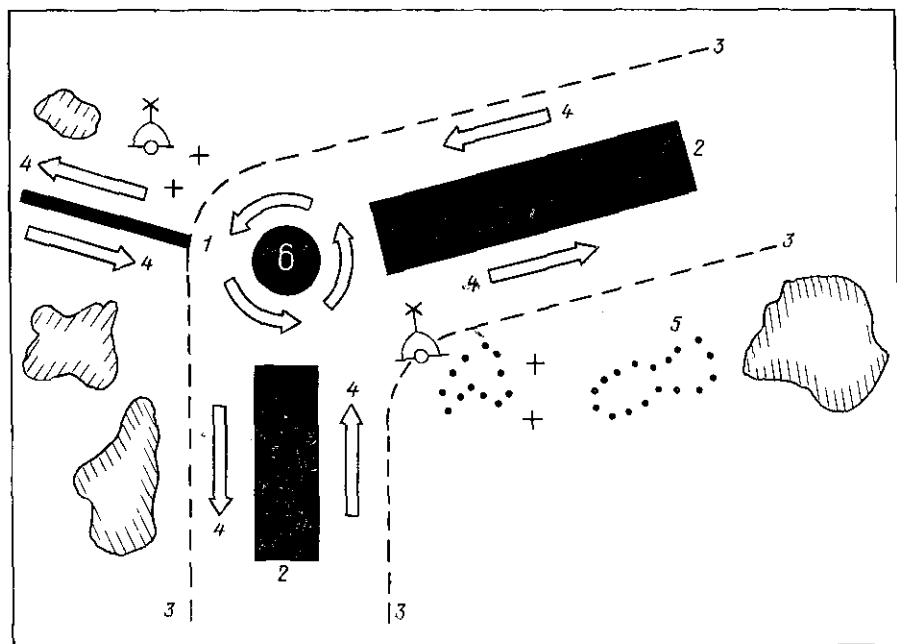


Рис. 217

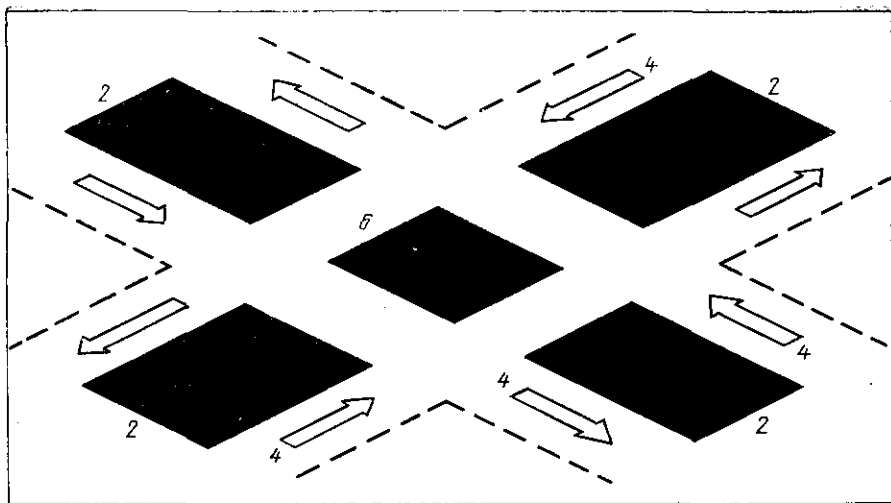


Рис. 218

2. Разделение движения с помощью установления района пересечения или соединения (рис. 218) применяется в тех местах, где пересекаются или соединяются два пути. В полосах движения прилегающих систем обязательно укладываются стрелками 4 направления потоков движения. Зона разделения может быть прервана или заменена линией разделения для указания правильного перехода из одной системы в другую.

3. Введение района повышенной осторожности плавания (см. рис. 216). Устанавливаются такие районы для обращения внимания судоводителей на необходимость соблюдения осторожности при плавании. Направление потоков движения в них может быть рекомендовано вокруг центральной точки против часовой стрелки.

Установление путей для судов с большой осадкой (глубоководных путей) применяется на некоторых участках, где суда с большой осадкой не могут плавать безопасно вне пределов этих участков. Эти пути в основном или полностью предназначаются для плавания судов с большой осадкой. Условия использования таких путей другими судами оговариваются на картах или в лоциях.

Установление районов, которые следует избегать. В общем случае такие районы могут устанавливаться в местах, где безопасный проход судна не обеспечивается ввиду слабой географической изученности, недостаточного оборудования средствами навигационного ограждения, либо в местах, где может появиться возможность нанесения большого ущерба животному миру в результате аварий.

Установление двусторонних и рекомендованных путей применяется, как правило, в районах, изобилующих подводными препятствиями, а также для разделения движения судов в морях с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями (например, большая

продолжительность туманов и т. п.). Они должны обеспечить наиболее удобный и безопасный проход судов через эти районы и могут быть предназначены для одностороннего или двустороннего движения.

Общие принципы использования путей и систем разделения движения. Установленные к настоящему времени во многих районах мирового судоходства пути и системы разделения движения судов предназначаются для использования их в любое время суток и любую погоду. Они рекомендуются всем судам, если в отношении этих путей и систем нет других указаний. Суда, не использующие установленные пути и системы разделения движения, обязаны держаться от них на достаточно большом расстоянии.

Как правило, входить или оставлять полосу движения следует на ее конечных участках, строго придерживаясь правила держаться справа от линии разделения, зоны разделения или центральной точки кругового движения.

При следовании в пределах полосы движения, хотя стрелки на картах не обязывают строго прокладывать курсы по их направлению, следует, насколько это практически возможно, придерживаться курса, соответствующего направлению этой полосы. Запрещается заходить в зону разделения или пересекать линию разделения движения, за исключением случаев, когда это крайне необходимо для избежания непосредственной опасности.

В тех случаях, когда в силу различных обстоятельств суда вынуждены оставлять полосу движения или входить в нее со стороны, они обязаны осуществлять это под меньшим углом к внешним границам полосы. Суда, насколько это возможно, должны избегать пересечения полос движения, пересекающие полосы движения должны осуществлять это под прямым углом.

Если представляется возможным совершать безопасное плавание вне путей судов с большой осадкой, следует, по возможности, либо избегать этих путей, либо принимать все меры для исключения помех движению судов, для которых эти пути предназначены.

Плавание установленными путями и системами разделения движения должно осуществляться в соответствии с МППСС—72. В расчетах при числении пути судна или observations следует использовать предельные ошибки, равные тройной или как минимум двойной средней квадратической ошибке.

Глава XI. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ

§ 102. ОРГАНЫ НАДЗОРА И КОНТРОЛЯ

Научно-технический прогресс и ускоряющееся развитие международной торговли вызывают быстрое количественное и качественное развитие морского флота. В связи с этим все более усложняются и изменяются условия его работы: повышается интенсивность судоходства на морских путях, растут скорости и тоннаж судов, расширяются районы плавания.

Советский торговый флот к настоящему времени имеет в своем составе около 10 000 судов валовой вместимостью от 100 рег. т и выше. Суда советского морского флота бороздят все моря и океаны мира, перевозя грузы огромной материальной ценности в сложных, а подчас и опасных условиях плавания. Перед штурманским составом на современном этапе ставится не только задача обеспечения безопасности мореплавания, но и задачи повышения эффективности работы флота. Поэтому особенно важное значение приобретает четкость в организации штурманской службы как со стороны береговых органов, так и на судах.

Для оперативного руководства работой по обеспечению безопасности мореплавания в системе Министерства морского флота (ММФ) созданы руководящие и контролирующие органы, возглавляемые Главной морской инспекцией, которая осуществляет:

- руководство деятельностью служб мореплавания пароходств;
- руководство и контроль за работой капитанов морских торговых портов;

- проверку работы пароходств и других предприятий и организаций ММФ в части обеспечения безопасности мореплавания;

- контроль за расследованием аварийных случаев с судами;

- контроль за соблюдением законов, правил и руководящих положений, касающихся безопасности мореплавания.

Разработкой и осуществлением мероприятий по обеспечению безопасности мореплавания на судах пароходств занимаются службы мореплавания пароходств. Основными задачами службы мореплавания пароходства являются:

- обеспечение безаварийной работы судов;

- совершенствование технических средств и методов судовождения;

- контроль за соблюдением правил, наставлений и положений, регламентирующих мореплавание;

- контроль за обеспечением судов картами, руководствами и пособиями, техническими средствами судовождения;

расследование и учет аварийных случаев на судах парокходства, их анализ и разработка мероприятий по борьбе с аварийностью судов.

Вопросами безопасности мореплавания в морских портах ведают капитаны морских торговых портов, распоряжения которых по вопросам безопасности мореплавания обязательны для всех судов и организаций, находящихся в пределах портовых вод.

Основными мероприятиями, осуществление которых возложено на капитана морского торгового порта, являются:

регулирование движения и руководство ледокольной проводкой судов на акватории порта, подходных каналах и фарватерах;

проверка готовности судов к выходу в море и выпуск их в мореходном состоянии;

обеспечение капитанов судов имеющейся навигационной и гидрометеорологической информацией;

контроль за поддержанием глубин в порту, действием портовых навигационных огней и плавучего ограждения в портовых водах.

§ 103. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ШТУРМАНСКОЙ СЛУЖБЫ НА СУДАХ ММФ

Непосредственное практическое осуществление всех мероприятий по обеспечению безопасности мореплавания осуществляет штурманский состав судов. Обязательными руководствами, регламентирующими деятельность штурманского состава судов, являются следующие основные документы:

Международная конвенция по охране человеческой жизни на море;

Кодекс торгового мореплавания (КТМ—68);

Устав службы на судах Министерства морского флота Союза ССР;

Международные правила предупреждения столкновений судов в море (МППСС);

общие правила морских торговых и рыбных портов;

обязательные постановления по портам;

местные правила плавания;

правила технической эксплуатации судов ММФ.

Наставление по организации штурманской службы на судах Министерства морского флота Союза ССР (НШС—77);

постановления, приказы, правила, инструкции и рекомендации директивных органов по вопросам безопасности мореплавания;

извещения мореплавателям Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны СССР.

Непосредственные обязанности капитана и его помощников определяются Уставом службы на судах Министерства морского флота Союза ССР, введенным в действие с 1 января 1977 г. Их штурманские обязанности, а также обязанности вахтенного помощника капитана и специалиста, обслуживающего технические средства судовождения, определены НШС—77.

НШС—77 является официальным документом Главной морской инспекции ММФ, регламентирующим штурманскую службу на судах

ММФ. В нем, кроме обязанностей организаций и различных должностных лиц, даются наставления по подготовке штурманской части к рейсу, по штурманской работе в рейсе и при плавании в особых условиях. В приложениях приводится перечень обязательной документации по навигационной части и перечень обязательного состава технических средств судовождения на судах, перечень таблиц и схем, вывешиваемых в штурманской и рулевой рубках, даются таблицы характеристики точности определения места судна и измерения навигационных параметров, сигналы для связи между судами, условные обозначения и сокращения, применяемые в судовождении, образцы прокладки пути судна и заполнения судового журнала и другие необходимые в практической деятельности штурманские сведения.

Во всех условиях жизни и деятельности судна обеспечивать управление им, его безопасность, живучесть, производственную деятельность призвана, на основании ст. 392 Устава службы на судах Министерства морского флота Союза ССР, вахтенная служба (вахта).

Вахтенная служба на судах является особым видом выполнения служебных обязанностей, требующим повышенного внимания и непрерывного присутствия на посту или рабочем месте.

Штурманские обязанности вахтенного помощника капитана многогранны. Выработанные многовековым опытом мореплавания, они четко сформулированы в НШС—77.

Судовой журнал является основным и единственным официальным документом, отражающим в виде коротких, но полно и четко сформулированных записей, непрерывную деятельность судна во всех ее проявлениях, а также объективные условия и обстоятельства, сопровождающие эту деятельность.

Правила ведения судового журнала на судах морского флота СССР в общем их объеме сформулированы в книге судового журнала (форма Э-1а). В качестве образцов записей только навигационного характера, которые вахтенный помощник капитана должен делать в судовом журнале, в приложении III приводятся рекомендации, указанные в НШС—77 и разработанные на кафедре судовождения ЛВМУ.

§ 104. НАВИГАЦИОННЫЕ АВАРИИ

Цель навигации — нахождение и обеспечение безопасного кратчайшего пути судна. Здесь судоводителя ожидают две основные опасности — вероятность посадки на мель и столкновение. В настоящее время плотность движения судов на морских путях продолжает увеличиваться, растут их размеры и скорости. Многие районы, ранее считавшиеся открытым морем (Северное, Средиземное, частично и Балтийское моря, воды Малайского архипелага, Японии и т. д.), сейчас практически стали узкостями. Большое количество судов в пределах видимости требует от судоводителя осуществления постоянного визуального и радиолокационного наблюдения за окружающей обстановкой, принятия быстрых решений по расхождению и управлению судном с целью удержания его на безопасных глубинах.

Современное оснащение судов электрорадионавигационными приборами дает судоводителям все возможности для избежания навигационных аварий. Однако навигационные аварии все еще остаются явлением далеко не редким. Ежегодно число столкновений судов довольно устойчиво удерживается на уровне 6—7% общей численности мирового флота, число посадок на грунт составляет до 4%. Они происходят, как правило, в результате неверного использования имеющейся информации или ошибок судоводителей. Аварий, происходящих по причинам, не зависящим от судоводителей (из-за конструктивных недостатков, скрытых дефектов, стихийных обстоятельств и т. п.), — значительно меньше.

Разбор материалов аварийных случаев показывает, что большинство аварий происходит вследствие нарушений, и в первую очередь командным составом судов, руководящих документов, регламентирующих безопасность мореплавания.

Очень важное значение имеет склад характера судоводителя. Так, если беспечность является устойчивой чертой его натуры, то такому нельзя доверять судно, ибо это несовместимо с профессией судоводителя. Излишняя самоуверенность, необоснованные промедление или поспешность в принятии решений, недостаточная подготовленность зачастую также приводят к аварийным ситуациям.

Мероприятия, обеспечивающие снижение навигационных аварий, основываются на тщательном судоводительском анализе их причин.

Случай первый. Танкер Грузинского морского пароходства, окончив грузовые операции, в 22 ч 16 мин вышел из пункта Бакал в пункт Межводное.

В 22 ч 20 м на вахту заступил третий помощник капитана, окончивший мореходное училище три года назад. В 23 ч 30 мин. капитан сошел с мостика, дав указание вахтенному помощнику разбудить его за 30 мин до подхода к входному створу Ярылгачской бухты. Кроме того, он предупредил его о необходимости строго придерживаться проложенного курса, чаще определять место судна и соблюдать особую осторожность и бдительность при подходе к Ярылгачской бухте. Видимость и состояние погоды были хорошие: ветер северо-западного направления силой до 4 баллов, море — до 2 баллов. Ход полный. Судно оснащено всеми новейшими исправными электрорадионавигационными приборами.

В 00 ч на вахту должен был заступить второй помощник капитана, но третий помощник решил продолжить нести вахту сам, не предупредив его об этом и не сообщив капитану судна. Свое решение он объяснял тем, что считал второго помощника уставшим после проведения грузовых операций и хотел дать ему отдохнуть. Определив место в 00 ч по гирфкомпасному пеленгу и радиолокационному расстоянию, в 00 ч 17 мин, после определения места судна тем же способом, он лег на курс 210°, ведущий к Ярылгачской бухте (рис. 219). С этого момента определений больше не производилось, так как находящийся на вахте третий помощник капитана вскоре уснул, присев в рубке на диван.

В 02 ч 45 мин вахтенный матрос, выполнявший обязанности вперёдсмотрящего, чувствуя бесконтрольность с мостика, самовольно ушел готовить шлюпку для закладки швартовых концов на берег. Около 03 ч вахтенный матрос, стоявший на руле, обнаружил слева по носу в непосредственной близости берег, разбудил спавшего вахтенного помощника капитана и по его команде положил руль «Право на борт», но было уже поздно. В 03 ч 00 мин, продолжая следовать полным ходом, судно выскочило носовой частью на каменистую прибрежную отмель.

Анализ аварии показывает, что непосредственной причиной посадки судна на мель явился сон на вахте третьего помощника капитана. Причиной, способствовавшей созданию аварийной ситуации, были неправильные действия вахтенного помощника капитана в течение всей его вахты, недобросовестное отношение

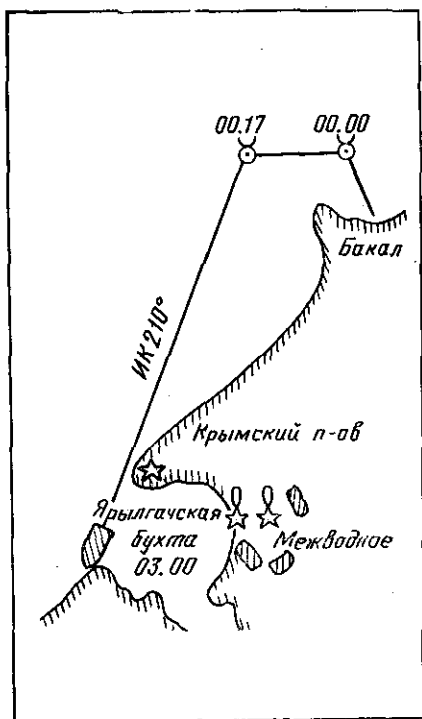


Рис. 219

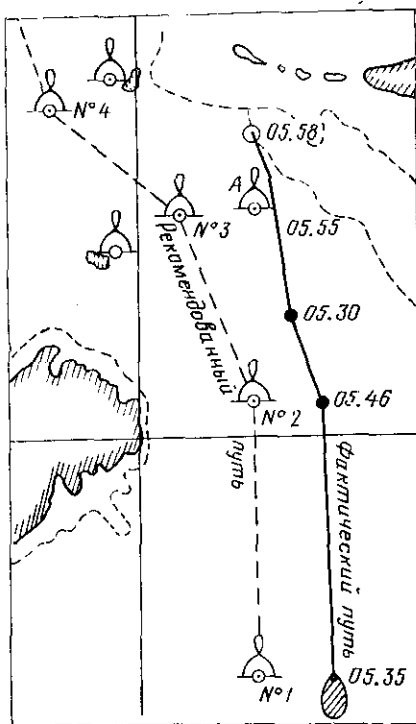


Рис. 220

к выполнению своих служебных обязанностей. Несмотря на прямое указание капитана, он не контролировал должным образом движение судна. Вместо того чтобы усилить бдительность при подходе к Ярылгачской бухте, вахтенный помощник не обеспечил должного наблюдения за окружающей обстановкой.

Случай второй. В этом случае ошибка в опознании характеристики огней, знаков навигационного ограждения в проливе с хорошим плавучим навигационным ограждением привела к посадке на мель пассажирского лайнера.

Американский турбоэлектроход вышел из Сан-Франциско в свой регулярный рейс в Иокогаму с заходом в Гонолулу. Судно было оборудовано новейшими электрорадионавигационными приборами. Ночью капитан записал в книгу распоряжений: «Определять место судна по радиолокатору и визуальными методами. Следить за курсом, придерживаясь рекомендованного пути. Вызвать меня при прохождении буй № 1 или в 06 ч 00 мин, или в случае появления какого-либо сомнения».

Утром с 04 ч 00 мин до 08 ч 00 мин вахту нес второй помощник капитана, который был назначен на эту должность перед выходом в рейс. Раньше он был третьим помощником капитана. В это время лайнер был на подходе к проливу Ичада.

В 05 ч 35 мин вахтенный помощник сообщил капитану о прохождении буй № 1 и о том, что судно находится на заданном курсе, встречных судов нет. Погода была пасмурная, шел дождь, видимость около 6 миль, ветер северный, умеренный.

В 05 ч 46 мин прошли буй № 2 в расстоянии 0,7 мили и легли на ИК = 338°. Через 4 мин впередсмотрящий доложил, что видит буй прямо по носу. Вахтенный помощник, не опознав буй, не проверив характеристику огня, ошибочно принял его за буй № 3 и лег на ИК = 345° с расчетом оставить обнаруженный буй слева (рис. 220).

Сближившись с ним, вахтенный помощник обнаружил свою ошибку. Буй оказался красного цвета с буквой А и ограждал опасность в середине пролива.

Посчитав почему-то опасным изменить курс влево, вахтенный помощник решил обойти буй А справа с тем, чтобы затем выйти на рекомендованный фарватер. В 05 ч 55 мин прошли буй А на близком расстоянии, а через 3 мин вахтенный помощник доложил капитану, что судно не реагирует на перекладку руля. Вскоре выяснилось, что судно село на мель в северо-восточной части пролива на курсе 312°.

В 06 ч 02 мин был дан полный ход назад. По счастливой случайности посадка на мель произошла во время прилива и в 06 ч 07 мин судно самостоятельно снялось с мели и продолжило рейс в Иокогаму.

Анализ аварии. Пролив Ичада считается опасным для плавания. Плавание в проливе осложняется сильными приливо-отливным течением. Навигационные опасности в проливе и фарватер ограждены светящимися буйми.

Капитан лайнера и его помощники были хорошо осведомлены о трудностях плавания в проливе, поэтому непростительной ошибкой капитана было решение поручить недостаточно опытному вахтенному помощнику самостоятельно проходить опасный пролив.

При проходе пролива вахтенный помощник капитана не использовал визуальных способов определения места судна, не проверял характеристик огней буев (буй № 3 и А имели совершенно различные характеристики огней), поэтому он не мог своевременно обнаружить допущенную ошибку. Он не наносил на карту точных мест судна, а лишь отмечал на курсе время прохождения буев.

Таким образом, основной причиной посадки лайнера на мель является ошибочное опознание буя А вахтенным помощником капитана. Он также проявил халатность, не использовав имевшихся в его распоряжении навигационных приборов и не уменьшив ход судна при обнаружении ошибки в опознании буя.

Случай третий. Рыболовный траулер вел промысел в Северном море, в районе Шетландских островов.

Техническое состояние судна было удовлетворительным, технические средства судовождения (гироскомпас «Амур», РЛС «Донец-2», радиопеленгатор СРП-5, эхолот «Дельфин-1») находились в рабочем состоянии. Механического забортного лага на судне не было.

В 16 ч 00 мин погода резко ухудшилась. Судном принято сообщение об урагане, действовавшем в районе Фарерских островов. Капитан принял решение укрыться в районе бухты Нор-Уик (Шетландские острова).

Следует отметить, что в течение нескольких дней капитан чувствовал недомогание. Однако несмотря на болезнь, он не передал своему старшему помощнику командование судном, а управлял им сам в основном через своих помощников, редко поднимаясь на мостик.

В 16 ч 45 мин судно покинуло район промысла и полным ходом направилось к месту укрытия. На вахте находился старший помощник капитана. Ветер юго-юго-западный 8 баллов, крупная зыбь, видимость удовлетворительная.

Карты крупного масштаба района плавания на судне не оказалось, поэтому прокладка велась на карте масштабом 1:200 000, откорректированной третьим помощником капитана по Извещениям мореплавателей только трехмесячной давности.

Указанная карта к тому же была непригодной для навигационных целей, о чем было дано сообщение в поздних Извещениях мореплавателям. Навигационная обстановка, нанесенная на карту, существенно отличалась от фактической. Так, например, маяк Норт-Унст, по которому предстояло ориентироваться, имел огонь кругового освещения, а на карте был показан секторным.

В 18 ч 05 мин судно легло на ИК = 115° (рис. 221). Согласно записям в судовом журнале в 18 ч 25 мин вахтенный помощник капитана определил место судна по двум пеленгам на маяк Норт-Унст и светящийся знак Балта-Саунд и из полученной точки лег на ИК = 275°. Однако, как показал анализ прокладки, полученную обсервацию нельзя считать достоверной, так как светящийся знак Балта-Саунд, являясь секторным, не мог наблюдаться с судна, находившегося в его нерабочем секторе.

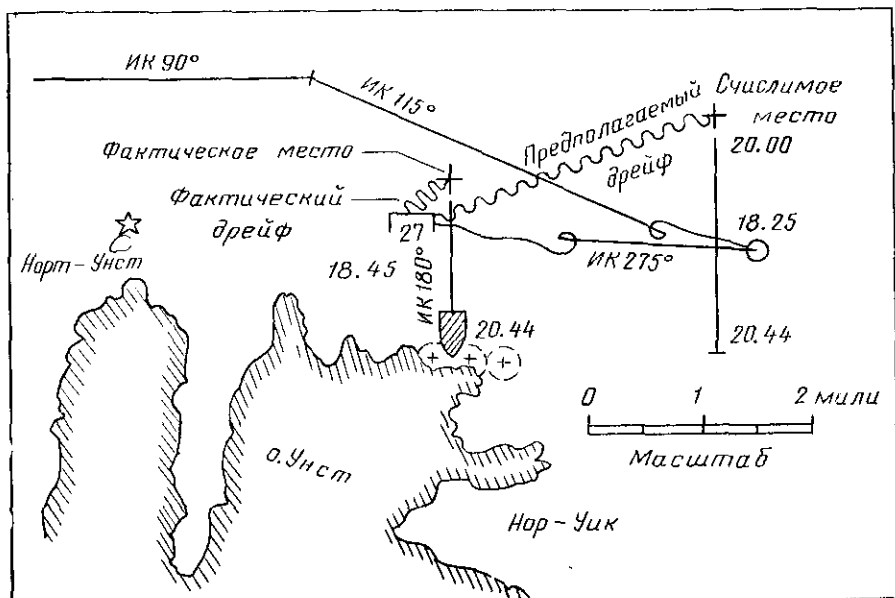


Рис. 221

В 18 ч 45 мин, определив свое место по отличительной глубине 27 м, легли в дрейф в ожидании прогноза погоды. В 20 ч 00 мин старший помощник капитана при сдаче вахты нанес на карту место судна: широта $70^{\circ}52' N$, долгота $00^{\circ}42' W$, руководствуясь только примерным направлением дрейфа и измеренной глубиной 93 м, не являющейся в данном случае характерной.

Таким образом, нанесение места судна в 20 ч 00 мин, как и все предыдущее счисление, не было обосновано ни надлежащим учетом дрейфа и течения, ни анализом характера невязок, ни надежными определениями, хотя для этого и были все возможности. Неудивительно поэтому, что место судна на 20 ч 00 мин содержало ошибку около 2 миль.

В 20 ч 05 мин заступивший на вахту третий помощник капитана по приказанию капитана, переданному из каюты, дал малый ход и лег на $ИК = 180^{\circ}$ для следования в район бухты Нор-Уик. Этот курс, проложенный из ошибочного места, на карте проходил чисто от навигационных опасностей и никаких сомнений у вахтенного помощника не вызвал. Следуя к берегу, вахтенный помощник не определял места судна, не наблюдал характера изменения глубин по эхолоту и только по приказанию капитана включил РЛС в положение «Подготовка». В таком положении РЛС и находилась до самой аварии.

В 20 ч 44 мин судно село на прибрежные подводные камни близ селения Ско, расположенного на о. Унст.

При первом ударе корпуса о камни вахтенный помощник застопорил машину и дал задний ход, однако судно продолжало плотно сидеть на каменной гряде. Поднявшись в рулевую рубку, капитан пытался попеременной работой машины на полных ходах снять судно с камней, но его действия оказались напрасными.

В 20 ч 45 мин запросили по радио помощь у советских промысловых судов, находившихся поблизости, а затем начали подавать сигналы бедствия пиротехническими средствами.

В 20 ч 47 мин по распоряжению капитана был начат осмотр всех судовых помещений. Во время осмотра водотечности не обнаружили. Однако положение

судна продолжали оставаться угрожающим: находясь в приборной полосе, оно испытывало непрерывные удары корпуса о грунт. В то же время капитан не дал команды произвести промер глубин, необходимый при посадке судна на грунт. Более того, он только в 20 ч 48 мин, включив РЛС в положение «Работа», определил место посадки судна (широта 60°50,0'N, долгота 0°46,8'W). В 21 ч 03 мин на судне обнаружили поступление заборной воды в ахтердек, а спустя 2 мин и в машинное отделение. Включенные осушительные средства с откачкой воды не справились.

В 21 ч 55 мин для оказания помощи терпящему бедствие судну к месту аварии подошли три советских судна. Капитан отдал распоряжение о пересадке команды на подошедшие суда.

В 22 ч 00 мин машинное отделение полностью затопило водой, дизель-генераторы вышли из строя и судно оказалось обесточенным.

К 00 ч 40 мин все люди с аварийного судна были сняты. Траулер оставался на камнях с большим дифферентом на корму, затопленными кормовыми помещениями, машинным отделением и сетевым трюмом. Позднее волнами приборя судно было конструктивно разрушено.

Анализ аварии. Как показали материалы расследования, основной причиной аварии траулера явилось грубое нарушение судоводительским составом судна элементарных основ судовождения и, в первую очередь, их безответственное отношение к своим обязанностям. Несмотря на то что удовлетворительная видимость и оснащенность судна техническими средствами судовождения позволяли надежно контролировать место судна, судовождение осуществлялось с большими ошибками, приведшими к посадке судна на камни и в конечном итоге к его гибели.

Обращает на себя внимание крайняя беспечность судоводительского состава судна. Так, даже при следовании в непосредственной близости от берега вахтенные помощники не позаботились об уточнении места траулера, не использовали РЛС и эхолот, всецело полагаясь на счисление, заведомо содержащее большие погрешности из-за отсутствия лага и неучета факторов, вызывающих снос судна. Анализ прокладки показывает, что судоводители имели самое приближенное представление о фактическом пути судна, однако за все время плавания была произведена только одна обсервация по двум пеленгам, да и ту нельзя считать достоверной.

Особенно безответственным явилось произвольное нанесение места на 20 ч 00 мин и принятие его за исходное для дальнейшего счисления при следовании к берегу. Обращает на себя внимание и факт крайне небрежного ведения судовой документации.

Как видно из материалов расследования, виновником аварии является судоводительский состав судна, включая капитана и его помощников. Что касается капитана судна, то его поведение в период, предшествующий аварии, в какой-то степени может быть оправдано состоянием здоровья, которое могло оказать существенное влияние на его волевые качества. Однако ясно, что капитан не занимался в должной степени организацией службы и специальной подготовкой своих помощников.

Поведение старшего помощника капитана свидетельствует о его безответственности и утере чувства долга, выразившихся в необоснованном нанесении места судна при сдаче вахты. Старший помощник капитана должен был помнить, что для третьего помощника он является старшим по должности, а поэтому к нанесенной им точке третий помощник отнесется с доверием. Излишняя степень доверия к месту судна, полученному старшим помощником, не побудила третьего помощника использовать для определения места все имеющиеся на судне электрорадионавигационные приборы, что и привело к аварии судна.

Анализируя многочисленные случаи посадки судов на мель, можно дать судоводителям следующие основные рекомендации:

морские карты и пособия должны быть самого последнего издания и откорректированы по последним Извещениям мореплавателям.

Прежде чем пользоваться картой, необходимо самым внимательным образом изучить ее, обратив особое внимание на имеющиеся на ней предупреждения и заметки об опасностях. Как правило, необходимо пользоваться картой самого крупного масштаба, учитывая, что на таких картах имеется больше деталей, отражающих опасные для судоходства места;

все без исключения навигационные инструменты и приборы должны содержаться в хорошем рабочем состоянии;

вахтенный помощник капитана должен точно и неукоснительно выполнять письменные или устные указания капитана, который временно оставляет мостик. Необходимо немедленно вызывать на мостик капитана, если появится какое-либо сомнение в судовождении;

нередко аварийные случаи происходят в результате поспешных смен вахтенных помощников капитана, поэтому принимающий вахту помощник обязан самым тщательным образом проверить место судна, его курс, пройденное расстояние и не допущена ли ошибка при переходе с одной карты на другую;

прежде чем использовать для определения появившиеся огни, необходимо проверить их характеристику, убедиться, что они правильно опознаны;

не подвергать судно опасности своей беспечностью и принятием необоснованных, рискованных решений;

использовать все средства и способы для определения места судна и обеспечения точности судовождения.

§ 105. ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОВОЖДЕНИЯ

Одним из результатов научно-технической революции на морском транспорте явилось повышение требования к безопасности мореплавания, особенно в районах с интенсивным движением судов, в узкостях и на подходах к портам. Ранее уже приводились примеры, показывающие, какими катастрофическими последствиями грозят аварии гигантских супертанкеров.

Структура навигации за последнее десятилетие значительно изменилась и продолжает изменяться. Все большее значение приобретают методы использования новейших средств навигации, особенно навигационных комплексов. В настоящее время уже существуют и широко используются на отечественных судах навигационные комплексы, которые обеспечивают автоматическую выдачу обсервованных координат, величину и направление сноса, скорректированный курс, обеспечивают плавание по дуге большого круга и локсодромии, выдают данные о курсе, расстоянии и времени плавания между точками поворотов. Практически решены задачи автоматизации счисления (прокладки) и стабилизации судов на заданном курсе, ведутся работы по полному решению задачи автоматического расхождения судов. В то же время имеемые на вооружении огромного большинства находящихся в эксплуатации судов технические средства и используемые в навигации «классические» методы судовождения приводят к так на-

зываемому дефициту времени судоводителя. Недостаток времени служит одной из причин многих аварий, когда один судоводитель не в состоянии осуществить одновременно наблюдение, прокладку на карте и управление судном при расхождении. Пока этот дефицит времени в некоторой степени удастся компенсировать увеличением одновременного нахождения на вахте нескольких судоводителей, но действенность такого метода ограничена человеческими возможностями. Единственным средством, которое, по мнению специалистов, обеспечит полное и качественное решение этой актуальной проблемы, является автоматизация судовождения с использованием новейших средств гиперболической и спутниковой навигации.

Проблемы автоматизации судовождения. Под автоматизацией судовождения понимается совокупность методов и средств, осуществляющих автоматизированное управление движением судна в соответствии с заданной программой плавания. В качестве технической основы автоматизации судовождения используются современные средства электрорадионавигации (гироскомпас, лаг, приемоиндикаторы РНС и НСС, судовая РЛС и др.).

Существующие методы автоматического управления движением судна могут быть условно разделены на две основные категории: неавтономные, т. е. основанные на управлении по командам с берега и автономные, т. е. основанные на применении судовых средств навигации и управления. Неавтономный метод характерен пока только для систем регулирования судоходства, созданных в последнее время в ряде крупных портов как у нас, так и за рубежом. Эти системы основаны на применении цепи береговых РЛС, электронных средств обработки и отображения информации, а также каналов телеуправления и связи. Автономные методы определяются прежде всего условиями плавания. С этой точки зрения могут быть выделены три основных режима плавания.

Плавание судна в открытом море характерно движением на постоянных курсах и с постоянной скоростью, относительной свободой маневрирования при расхождении со встречными судами и в то же время большой зависимостью от погодных условий. Однако управление движением судна в открытом море легче всего поддается автоматизации.

Плавание в прибрежных районах характеризуется более частой сменой курсов, быстрыми изменениями глубин под килем, меньшей свободой маневрирования. Автоматизация управления движением судна в этих условиях стала возможной только в последние годы с развитием электроники и точного приборостроения.

Плавание судна на подходах к портам и на акваториях значительно сложнее. Здесь движение судов часто регламентируется местными правилами и должно координироваться с движением других судов. Управление судном может быть чрезвычайно затруднено местными условиями: конфигурацией канала, глубинами, размерами фарватера, акватории порта и т. п. Специфическую проблему представляет подход судна к причалу и швартовка. По этим причинам управление судном в последнем случае почти не поддается автоматизации, хотя и мо-

жет быть существенно облегчено с помощью инструментальных методов проводки, соответствующими конструктивными разработками (тормозных и подруливающих устройств, винтов регулируемого шага и т. п.), а также использованием достижений эргономики, т. е. расширением возможностей человека управлять движением судна.

В последние годы вопросы эргономики в управлении судном стали предметом серьезных научных исследований в ряде промышленно развитых стран, в том числе и в СССР.

Навигационные комплексы. В основу всех комплексов положена задача автоматизации определения места судна с одновременным определением вектора абсолютной скорости (относительно грунта). В зависимости от района плавания место судна определяется либо в географической системе координат, либо в дополнении к ней и в маршрутной системе координат, т. е. относительно выработанной заранее траектории движения. Для определения места судна используются различные средства навигационной информации. В открытом море — приемоиндикаторы НСС в совокупности с РНС «Омега». В прибрежном плавании — приемоиндикаторы НСС с возможным дополнением для обеспечения непрерывности определения места судна приемоиндикаторами РНС «Декка» и «Лоран-С». На подходах к портам, в узкостях и на фарватерах место судна определяется по РНС «Декка» и РЛС с использованием в качестве измерителя скорости абсолютного гидроакустического лага.

В Советском Союзе исследования в области автоматизации судовождения проводятся в широких масштабах, создаются автоматизированные комплексы для крупно- и среднетоннажных судов. Такие же работы ведутся рядом ведущих зарубежных фирм.

В настоящее время уже созданы различные автоматизированные комплексы навигации и управления судном. Эти комплексы имеют некоторые различия по составу решаемых задач, уровню их автоматизации, приборному составу. В одних — ограничиваются только получением и отображением навигационной информации, в других — обеспечивается автоматическое управление движением судна по заранее выбранной траектории.

Автоматизированная навигационная система TONAC, разработанная в Японии, служит для повышения безопасности плавания судна в открытом море, в узкостях и для обеспечения более эффективного управления движением судна.

На экране ЭЛТ диаметром 40 см отображается необходимая графическая информация (радиолокационное изображение, векторы движения встречных судов, картографическое изображение узкостей и т. д.). Рядом с электронно-лучевой трубкой расположен экран для вывода буквенно-цифровой информации, имеющей восемь строк по 32 знака в каждой. На табло могут выводиться координаты и параметры движения своего судна, параметры движения встречных судов и т. д. Характерной особенностью является возможность воспроизводить на экране ЭЛТ картографическую информацию, предварительно записанную на магнитной ленте, с привязкой ее к текущим координатам судна. На магнитную ленту записываются очертания берегов, линий

опасных глубин, маяки, буи, отличительные точки. На одной стандартной кассете от портативного магнитофона можно разместить информацию с нескольких десятков навигационных карт.

В системе TONAC решаются следующие задачи.

Планирование плавания (предварительная прокладка). В этом режиме на картографическом изображении на ЭЛТ с помощью подвижного маркера выбирается и фиксируется последовательность поворотных точек, определяющая выбранный маршрут плавания. При этом на экране появляется линия заданного маршрута плавания, а координаты поворотных точек записываются в память ЦВМ. В этом режиме можно осуществлять также коррекцию картографической информации, например стирать или наносить навигационные ориентиры.

Автоматическое слежение за плаванием по выбранному маршруту и автоматическое управление курсом. В этой задаче осуществляется контроль за правильностью движения судна по линии заданного пути, сравниваются текущие координаты судна, получаемые от системы местоопределения, с заданным маршрутом, записанным на магнитной ленте. При отклонении судна от линии заданного пути выдается сигнал тревоги и рассчитывается оптимальный режим возвращения судна на линию заданного пути. При этом необходимые сигналы управления подаются непосредственно на рулевую машину. При плавании в открытом море система TONAC обеспечивает экономный расход топлива, а при плавании в узкостях — наиболее точное удержание судна на линии заданного пути.

При выработке сигналов управления учитывается влияние ветрового дрейфа и параметров движения судна.

Кроме того, в этой задаче предусматривается возможность проигрывания ситуации при выполнении того или иного маневра судна. Рассчитываются последовательные положения своего и встречных судов с интервалом в 1 мин на 20 мин вперед и результаты выводятся на объединенное устройство отображения.

Определение места. В этой задаче определяются текущие координаты судна. В основу ее положено счисление координат по данным лага и гирокомпыаса. Однако имеются возможности коррекции координат. Наиболее эффективным способом коррекции координат в узкостях является совмещение с помощью специальной рукоятки радиолокационного изображения с картографическим, при котором автоматически вырабатываются поправки к численным координатам судна. Второй способ коррекции — по пересечению пеленгов на известные ориентиры. Пеленги на ориентиры вводятся с клавиатуры, а сами ориентиры указываются с помощью подвижного маркера на экране ЭЛТ.

Кроме того, могут вводиться уточненные координаты судна из других систем местоопределения, например по ИСЗ.

Предупреждение столкновений судов. В этой задаче осуществляется автоматическое обнаружение встречных целей, их захват, сопровождение, определение элементов движения и степени опасности столкновения с ними. Информация по наиболее опасным целям (до 18) выдается на индикацию. Если уровень опасности одной из целей превысит заданный, то выдается сигнал предупреждения.

Навигационные расчеты. По известным координатам двух точек вычисляется расстояние между ними и азимут с первой на вторую. Может решаться и обратная задача.

В системе TONAC имеются три основных режима представления информации.

1. Совмещенный радиолокационный. На экране ЭЛТ выдается радиолокационное изображение окружающей обстановки на одном из диапазонов дальности — 6, 12, 24 мили. Одновременно выдаются векторы скорости по наиболее опасным целям с номерами в порядке убывания степени опасности и картографическое изображение участка, включающего положение судна в масштабе, совпадающем с масштабом радиолокационного изображения. Положение своего судна на карте в этом режиме совпадает с центром экрана. Информация на табло выдается в виде групп данных, которые для собственного судна содержат курс, скорость, текущие координаты судна, дистанцию и время до очередной точки поворота.

Могут быть вызваны параметры встречных судов (курс, скорость, время и дистанция кратчайшего сближения, расстояние и пеленг).

2. Режим проигрывания. В этом режиме радиолокационное изображение на ЭЛТ не выдается. Картографическое изображение выдается в том же виде, что и в совмещенном режиме с той только разницей, что карта остается неподвижной, а на ней изображается ожидаемое перемещение своего и встречных судов. Пути движения изображаются линиями из 20 точек, расстояние между соседними точками соответствует пути, проходимому за одну минуту.

3. Режим «карта». В этом режиме на экран ЭЛТ выводится информация целой навигационной карты с намеченным маршрутом. Кроме того, выдается метка, индицирующая положение собственного судна на карте. Возможны два режима вызова карт — автоматический и ручной.

В автоматическом режиме при выходе судна за пределы карты автоматически вызывается следующая карта. При этом, если имеется несколько карт, включающих данный район, то выбирается карта наиболее крупного масштаба.

В ручном режиме карта выбирается набором номера требуемой карты на клавиатуре пульта. В этом режиме могут осуществляться ввод и изменение запланированного пути, корректура карты. На табло выводятся координаты точек поворота, ширина фарватера и т. д.

Совмещение и сопоставление карты с радиолокационным изображением и данными, поступающими от системы предупреждения столкновений судов, позволяют штурману ориентироваться в сложной навигационной обстановке и принимать решение с учетом всех основных факторов, обеспечивающих безопасность движения судна. Кроме того, в системе TONAC предусмотрен вывод информации на печатающее устройство, осуществляющее автоматическое документирование данных по рейсу.

Интегрированная навигационная система «Диджинав» (США) предназначена для решения следующих задач:

счисления пути судна по данным гирокомпаса и лага;

автоматической коррекции счислимых координат по данным радиопределений, выполненных по РНС «Декка», «Лоран-С», спутниковой навигационной системы «Транзит» или по РНС «Омега»;

выработку рекомендуемого курса при плавании судна по заданной траектории;

стабилизации судна на заданной траектории.

При сопряжении с автоматическим радиолокационным прокладчиком «Диджиплот» система «Диджинав» может дополнительно производить следующие операции:

вырабатывать текущие координаты места судна по данным радиолокационных измерений, выполненных относительно неподвижных ориентиров с известными координатами;

индицировать заданную траекторию движения судна и его текущее место на электронном экране на фоне окружающего радиолокационного изображения;

записывать на магнитную ленту изображения, индицируемые на экране, с возможностью последующего их воспроизведения для анализа ситуации.

Плавание в прибрежной зоне обеспечивается с помощью данных радионавигационных измерений, выполненных по РНС «Декка» или «Лоран-С». Дискретность обсерваций в этих случаях составляет несколько минут. На интервалах между обсервациями осуществляется счисление пути судна по данным гирокомпаса и лага.

Плавание в зоне проливов и вдоль берегов обеспечивается также с помощью радиолокационных измерений, выполненных относительно точечных объектов — береговых и плавучих маяков, буев, характерных береговых целей. Эти данные поступают с радиолокационного прокладчика «Диджиплот», который работает в режиме автоматического сопровождения и выработки дальности и пеленга до выбранного ориентира.

Координаты места судна в открытом море определяются по данным спутниковой системы «Транзит» или по РНС «Омега». Основу интегрированной навигационной системы «Диджинав», как и радиолокационного прокладчика «Диджиплот», составляет ЦВМ с универсальной структурой. Навигационная программа содержится в постоянном запоминающем устройстве, что исключает ее разрушение при скачках напряжения сети. Ввод данных в аппаратуру осуществляется в режиме диалога, что упрощает эксплуатацию системы. Индикация вводимых и выводимых параметров производится на дисплее устройства ввода-вывода ЦВМ. Устройство ввода-вывода данных, приемник МХ-902 спутниковой навигационной системы «Транзит» и приемник-индикатор марки 204 РНС «Лоран-С» установлены в одной стойке. Приемники РНС «Декка» и «Омега» устанавливаются отдельно у штурманского стола. В системе предусматривается как раздельное использование данных РНС, так и совместное, например «Транзит» — «Лоран-С», «Транзит» — «Омега», «Декка» — РЛС.

В системе «Диджинав» вычисляются и учитываются поправки, вызванные условиями распространения радиоволн СДВ диапазона, что исключает необходимость использования табличных данных. При

использовании данных любой РНС обеспечивается автоматическая коррекция счислимых координат места судна. В процессе обсерваций по ИСЗ «Транзит» обеспечивается также автоматическая коррекция электронного датчика времени, входящего в состав системы «Диджинав». При совместной обработке данных РНС «Транзит» и «Лоран-С» не только определяются координаты места судна, но и вырабатываются параметры суммарного сноса судна. Учет этих параметров на интервале между обсервациями по ИСЗ позволяет повысить точность определения текущих координат, что, в свою очередь, способствует повышению точности обсерваций. При совместной обработке данных от ИСЗ и РНС «Омега» осуществляется дифференциальный режим использования данных РНС «Омега». В этом случае по данным обсерваций относительно ИСЗ рассчитываются остаточные значения ошибок местопредопределения, возникающие из-за неточного расчета поправок на данный район. Учет этих ошибок позволяет более точно определять текущие координаты места судна на интервалах между обсервациями по ИСЗ по сравнению со случаем автономного использования приемоиндикатора «Омега». Контроль счета дорожек при работе по РНС «Омега» осуществляется визуально по записи отсчетов на ленте самописца, вмонтированного в приемоиндикатор. При работе совместно с радиолокационным прокладчиком «Диджиплот» возможно непрерывное определение координат места судна по данным измерения дальности и пеленга относительно радиолокационных ориентиров. В аппаратуре обеспечивается автоматическое сопровождение выбранного ориентира и автоматически вырабатываются текущие значения широты и долготы (точность координат — лучше 0,1 мили).

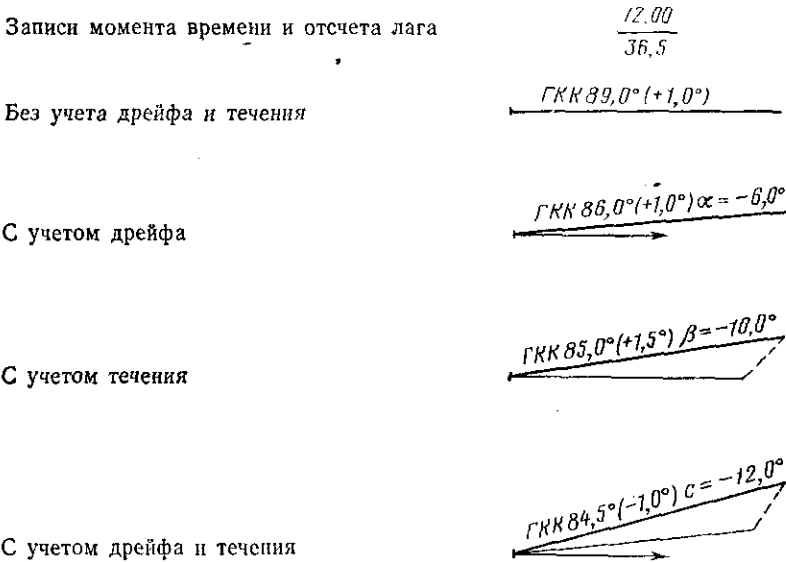
В комплексе «Диджинав» — «Диджиплот» маршрут плавания задается набором прямых линий. Допускается задание маршрута 12 поворотными точками, координаты которых вводятся в ЦВМ. Обеспечивается плавание как по дуге большого круга, так и по локсодромии. В процессе плавания на дисплее индицируются: значение текущих координат, рекомендуемый курс, величина бокового смещения от заданной траектории, время перехода и расстояние до следующей заданной точки.

При работе с радиолокационным прокладчиком «Диджиплот» возможна не только индикация заданной траектории, но также и индикация рекомендуемых фарватеров, кромки берегов и отмелей. Эта информация может быть введена в систему оперативно — по данным, снятым с навигационной карты, или постоянно — путем предварительного программирования заданного маршрута.

При совместной работе системы «Диджинав» и радиолокационного прокладчика «Диджиплот» обеспечивается возможность не только индикации текущих параметров судна относительно заданной траектории, но и удержание судна на этой траектории. Реализованная в аппаратуре программа адаптивного авторулевого предусматривает автоматическую перенастройку его параметров в зависимости от условий плавания. Один из критериев оптимизации параметров авторулевого, реализованного в системе «Диджинав», — минимизация количества переключений.

ОБОЗНАЧЕНИЯ НА КАРТАХ
ПРИ ВЕДЕНИИ НАВИГАЦИОННОЙ ПРОКЛАДКИ

Линии путей и курсов



Примечания: 1. Линию пути наносят более жирной чертой по сравнению с линией курса.

2. Компасный курс, а также все другие надписи делают вдоль линии пути, а при отсутствии дрейфа и сноса — вдоль линии курса.

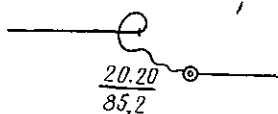


Примечания: 1. При графическом учете течения момент и отсчет лага надписывают у линии пути.

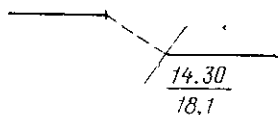
2. При убранном лаге надписывают только момент времени без дробной черты.



Невязка между счислимым и
обсервованным местом

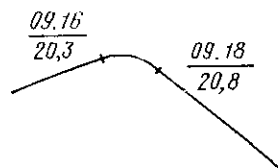


Уточнение места по одной
линии положения

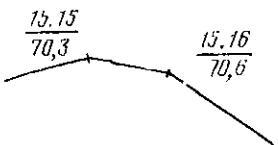


Поворот на новый курс

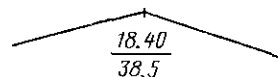
При графическом учете циркуляции



При учете циркуляции по таблицам



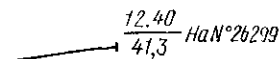
Без учета циркуляции



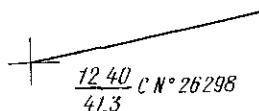
Примечание. Перед поворотом на новый курс и после него, если возможно, определяют место судна.

Переход с карты на карту

На старой карте



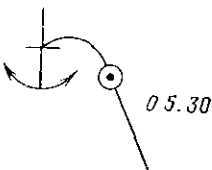


На новой карте







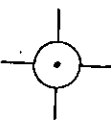

Примечание. В точке начала счисления на новой карте ставят знак «плюс», возле которого пишут момент, отсчет лага, номер предыдущей карты. Около номера карты иностранного издания сокращенно указывают ее государственную принадлежность.

Места якорных стоянок

Счислимое		$\frac{16.30}{30,12}$
Обсервованное		$\frac{17.40}{02,01}$
Путь судна при съёмке с якоря		

Пр и м е ч а н и е. При постановке на якорь в числителе пишут время, а в знаменателе — дату (число и месяц).

Определение места судна

Обсервованное место	
Счислимо-обсервованное место	
Место судна, опознанное по глубинам	
Определение, взятое под сомнение	
Вероятное (осредненное) место	
Комбинированное определение	

Определение по импульсным, фазовым и импульсно-фазовым РНС



Определение по радиопеленгам (в том числе и по секторным радиомаякам)



Определение по радиолокатору



Определение по небесным светилам



Определение с помощью искусственных спутников Земли



Место судна, нанесенное по данным автосчислителя



Термины, определения и условные знаки, касающиеся установления путей и систем разделения движения, одобренные ИМКО и принятые в Советском Союзе:

а) система установления путей (маршрутирование) (Routeing sistem) — комплекс мер, направленных на уменьшение возможности навигационных аварий на морских путях. В нее входят: системы разделения движения судов, двусторонние и рекомендованные пути, районы, которые следует избегать судам, зоны прибрежного плавания, районы кругового движения, районы повышенной осторожности плавания и глубоководные пути;

б) система разделения движения (Traffic separation scheme). Разделение встречных потоков движения судов посредством установления зон и (или) линий разделения и полос движения;

в) зона или линия разделения движения (Separation zone or line). Зона или линия, разделяющая полосы движения, в которых суда следуют в противоположных или почти в противоположных направлениях, или отделяющая полосу движения от прилегающей зоны прибрежного плавания;

д) полоса движения (Traffic lane). Определенный район, в пределах которого установлено одностороннее движение. Границей полосы движения могут служить также естественные препятствия, включая те, которые образуют зону разделения;

е) район кругового движения (Roundabout). Определенный район, включающий в себя центр или круговую зону разделения движения и кольцевую полосу движения. Плавание в районе кругового движения осуществляется против часовой стрелки вокруг центра или круговой зоны;

ж) зона прибрежного плавания (Inshore traffic zone). Определенный район, расположенный между прибрежной границей системы разделения движения и прилегающим берегом и предназначенный для прибрежного плавания;

з) двусторонний путь (Two-way route). Полоса, в пределах которой установлено двустороннее движение для обеспечения безопасного прохода судов через районы, плавание в которых затруднено или опасно;

и) рекомендованный путь (Recommended track). Полоса, которая специально обследована, чтобы, насколько это возможно, гарантировать, что она свободна от опасностей, и в пределах которой рекомендуется плавать судам;

к) глубоководный путь (Deepwater route). Полоса движения, в пределах которой произведено тщательное обследование на отсутствие подводных препятствий до обозначенной на карте наименьшей глубины






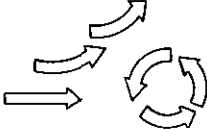
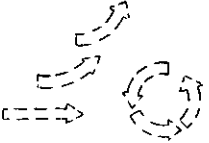
л) район повышенной осторожности плавания (Precautioning area). Район, в пределах которого суда должны следовать с особой осторожностью и где может быть рекомендовано направление потоков движения судов;

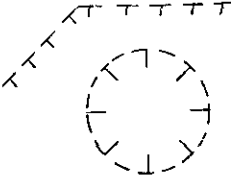
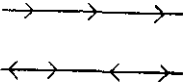
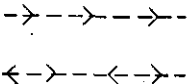

м) район, которого следует избегать (Area to be avoided). Определенный район, особенно опасный для плавания, или район, в котором особенно важно избегать возможного ущерба. Все суда или суда определенных классов должны избегать захода в него;

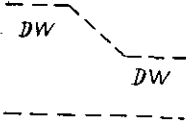
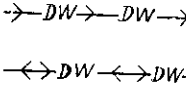
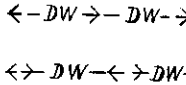
н) установленное направление потока движения (Established direction of traffic flow). Направление потока движения, установленное в системе разделения движения;

о) рекомендованное направление потока движения (Recommended direction of traffic flow). Направление потока движения, рекомендованное в системе установления путей, которое строго соблюдать не обязательно.

Для изображения систем разделения движения на морских навигационных картах применяют следующие условные знаки.

Элемент	Условное обозначение	Описание
Внешняя граница по- лос движения и двусто- ронних путей		Штриховая линия — ус- ловное обозначение, исполь- зуемое обычно для изобра- жения морских границ
Зона разделения дви- жения (любой формы) (1) (2)		Зона должна быть окра- шена в светлый тон, чтобы были видны любые элемент- ты содержания карты
Линия разделения дви- жения (1)		Сплошная линия толщи- ной не менее 3 мм
Внешняя граница рай- она кругового движения или района повышенной осторожности плавания (3)		Штриховая линия — ус- ловное обозначение, исполь- зуемое обычно для изобра- жения морских границ
Центр района кругово- го движения без круго- вой зоны разделения дви- жения		Окружность диаметром не менее 3 мм, проведенная сплошной линией
Стрелки, показываю- щие установленное на- правление потока движе- ния (4)		Стрелки, расположенные так и имеющие такую фор- му, чтобы показать общее направление потока движе- ния
Стрелки, показываю- щие рекомендованное направление потока дви- жения (которое отдель- ные оговоренные типы судов могут не соблю- дать) (4)		Штриховые стрелки, рас- положенные так и имеющие такую форму, чтобы пока- зать общее рекомендованное направление потока движе- ния

Элемент	Условное обозначение	Описание
Границы района, которого следует избегать (5) (6)		<p>Линия, состоящая из ряда Т-образных знаков с длинной поперечной линией и коротким штрихом, направленным внутрь района. Внутри района может приводиться соответствующее пояснение</p>
Рекомендованный путь, огражденный штатными средствами навигационного оборудования (7)		<p>Сплошная линия¹, черная или цветная, на которой через равные интервалы нанесены острия стрелок: одинарные, направленные в одну сторону и показывающие односторонний путь, или парные, направленные в противоположные стороны и показывающие двусторонний путь</p>
Рекомендованный путь, не огражденный штатными средствами навигационного оборудования (7)		<p>Пунктирная линия, черная или цветная, на которой через равные интервалы нанесены острия стрелок: одинарные, направленные в одну сторону и показывающие односторонний путь, или парные, направленные в противоположные стороны и показывающие двусторонний путь</p>
Внешняя граница глубоководного пути		<p>Штриховая линия — условное обозначение, используемое обычно для изображения морских границ</p>

Элемент	Условное обозначение	Описание
Глубоководный путь с нанесенными обеими внешними границами (8)		Штриховые линии и сокращение «DW», нанесенное между ними через равные интервалы
Глубоководный путь, огражденный штатными средствами навигационного оборудования (8) (9)		Сплошная линия ¹ , на которой через равные интервалы нанесены острия стрелок: одинарные, направленные в одну сторону и показывающие односторонний путь, или парные, направленные в противоположные стороны и показывающие двусторонний путь. Сокращение «DW» наносится через равные интервалы в разрывах сплошной линии
Глубоководный путь, не огражденный штатными средствами навигационного оборудования (8), (9)		Штриховая линия, на которой через равные интервалы нанесены острия стрелок: одинарные, направленные в одну сторону и показывающие односторонний путь, или парные, направленные в противоположные стороны и показывающие двусторонний путь. Сокращение «DW» наносится через равные интервалы в разрывах пунктирной линии

¹ На советских картах сплошной линией показывают только те пути, которые обозначены створами.

**Пояснения к заполнению левой страницы
судового журнала**

Порядок ведения левой страницы судового журнала регламентируется § 11 Правил ведения судового журнала на судах Морского флота СССР.

На каждые сутки заполняется только одна левая страница. Все прочерки в журнале делаются по линейке.

В столбцы 3—6: курсы, поправки компаса и значения девиации пишутся в градусах и в половинных долях градусов. Если курсы, поправки компаса и девиации выражаются целыми числами градусов, то они пишутся без десятых, т. е. ноль после запятой не пишется.

В столбец 6 записываются через дробь поправка главного магнитного компаса и его девиация. Поправка главного магнитного компаса (при наличии гирокомпаса) определяется по сравнению с гирокомпасом. (Поправка гирокомпаса определяется навигационными или астрономическими способами). Девиация, записываемая в этот же столбец, определяется как разность поправки главного магнитного компаса и склонения, приведенного к году плавания:

$$\delta = \Delta MK - d.$$

Полученное значение девиации сличается с табличным значением девиации для данного курса с целью выяснения наличия и величины отклонения фактической девиации от табличной.

В столбце 11 при записи горизонтальной видимости обязательно должно быть указано, в чем она измерена: в милях или кабельтовых.

В табл. 18 левой страницы судового журнала записывается расстояние, пройденное судном фактически и по лагу. Фактически пройденное расстояние снимается с карты между точками начала и конца вахты. Расстояние, пройденное по лагу, рассчитывается по формуле

$$S_{\text{л}} = \text{рол} \left(1 + \frac{\Delta \text{л}}{100} \right) = \text{рол } k_{\text{л}},$$

где *рол* — разность отсчетов лага соответственно в конце и начале вахты.

Если в течение вахты судно шло разными ходами и поправка лага имела разные значения, то расстояние, пройденное по лагу, рассчитывается отдельно для каждой поправки лага, а в табл. 18 записывается уже суммарное значение. В этом случае в третий столбец табл. 18 записываются два крайних по величине значения поправок лага, которые использовались для расчета пройденного расстояния по лагу. Если лаг не работает, то второй и третий столбцы табл. 18 прочеркиваются.

Вахтенный помощник капитана, сдавший вахту в 24.00, подсчитывает сумму фактических расстояний по лагу, пройденных за истекшие сутки, и записывает их в табл. 18 в предпоследней строке. Затем, суммируя фактическое расстояние, пройденное за эти сутки, с расстоянием, пройденным с начала рейса, которое выбирается из табл. 18 предыдущих суток, получает расстояние, пройденное с начала рейса, и записывает его в последней строке табл. 18 на данную дату.

Табл. 10 и 20 левой страницы судового журнала заполняет и подписывает старший помощник капитана на 08.00.

**Образец заполнения правой страницы
судового журнала**

Записи в различных условиях плавания
Выход из порта

10.00. На борт прибыл лоцман Петров В. А. К левому борту подошли буксиры «Металлург» и «Мощный». На буксир «Мощный» подан буксирный трос че-

рез носовой клюз левого борта. На буксир «Металлург» подан стальной трос через кормовой центральный клюз. На борту 52 члена экипажа и 150 курсантов. Груз — зерно 1500 т. Запасы топлива 300 т, воды 405 т. Осадка $T_{\text{н}} = 5,2$ м, $T_{\text{к}} = 6,1$ м.

10.08. Снялись со швартовов для следования в Калининград. Разворачиваемся с помощью буксира на выход из Вольной гавани.

10.16. Отдали буксиры. Дали малый ход 7 уз. Легли на выходной створ, $ГКК = \dots$; $\dots \Delta ГК = \dots$; $КК_{\text{ГЛ}} = \dots$; $\dots \Delta МК = \dots$. Карта № ...

Включение лага

10.30. \perp ворот морского канала. Включили лаг $ол = 32,3$; $\Delta л = +3\%$.

Примечание. Место включения лага должно быть обязательно зафиксировано или положением судна относительно какого-либо ориентира, или координатами.

Постановка на якорь

11.05. Застопорили машины. Встали на якорь в бухте Средней. Отдан правый якорь. На клюзе две смычки. Глубина 15 м. Грунт—песок. $M^{\text{к}}$ Гравдский $345,2^{\circ}$; м. Рослый $29,8^{\circ}$; вершина «109» $90,0^{\circ} (+1^{\circ})$.

Примечание. Осадка судна при постановке на якорь записывается в том случае, если за период якорной стоянки предполагается изменение осадки (грузовые операции, пополнение судовых запасов).

Приход в порт

18.45. Ошвартовались левым бортом к причалу № 36 порта Первомайский. Отдан правый якорь. На шлюзе одна смычка. На причал с бака и кормы заведено по два продольных и одному шпринту. Осадка: $T_{\text{н}} = 5,0$ м; $T_{\text{к}} = 5,9$ м.

Определение поправки компаса по пеленгам ориентиров (на стоянке).

14.20. Телевизионная мачта $ГКП = 136,8^{\circ}$; $ИП = 136,0^{\circ}$; церковь Олая $ГКП = 191,3^{\circ}$; $ИП = 190,3^{\circ}$; огонь оконечности западного мола $ГКП = 358,7^{\circ}$; $ИП = 357,5^{\circ}$; определили $\Delta ГК = -1,0^{\circ}$.

Определение поправки компаса на створе

23.20. $ол = 16,9$. Створ Энских огней $ИП = 34,5^{\circ}$; $ГКП = 36,0^{\circ}$. Определили $\Delta ГК = -1,5^{\circ}$ и приняли ее к учету.

Определение поправки компаса по Солнцу

20.39. $ол = 77,6$. Заход \odot $КП = 268,0^{\circ}$, $ИП = 269,2^{\circ}$. Определили $\Delta МК = +1,2^{\circ}$. Приняли к учету $\Delta МК = +1^{\circ}$.

Определение поправки компаса по пеленгам небесных светил

02.43. $ол = 14,7$. α Волопаса $ГКП = 143,8^{\circ}$; $T_{\text{хр}} = 4^{\text{ч}}27^{\text{м}}15^{\text{с}}$, $ИП = 142,0^{\circ}$; определили $\Delta ГК = -1,2^{\circ}$.

Переход на другую карту

22.16. $ол = 49,6$. $M^{\text{к}}$ Розовый $ИП = 114,5^{\circ}$; $D_{\text{к}} = 17,2$ мили. Перешли на карту № 422.

Переход на другую карту в открытом море

22.18. $ол = 54,3$; $\varphi_{\text{с}} = 39^{\circ}42,3'N$; $\lambda_{\text{с}} = 19^{\circ}15,0'O^{\text{st}}$. Перешли на карту английского адмиралтейства № 602.

Вход в туман

07.32. $ол = 54,7$; $\varphi_{\text{с}} = 56^{\circ}36,2'N$; $\lambda_{\text{с}} = 15^{\circ}04,8'O^{\text{st}}$. Впереди по курсу туман. Начали подавать туманные сигналы. Выставлен впередсмотрящий Петров. Включили РЛС и начали вести радиолокационное наблюдение. Уменьшили ход до 8 уз, $\Delta л = +5\%$ и предупредили вахтенного механика о возможных реверсах.

07.36. $ол = 55,4$. Вошли в туман. Видимость 1 миля. Включили навигационные огни. УКВ «Корабль» на 16 канале, перешли на ручное управление рулем.

Выход из зоны тумана

08.12. $ол = 62,9$. Видимость увеличилась до 4 миль. Подачу туманных сигналов прекратили. Увеличили ход до полного — 18 уз, $\Delta л = +2\%$. Включили навигационные огни.

Сдача и прием вахты

12.00. $\varphi_c = 46^{\circ}28,3'N$; $\lambda_c = 19^{\circ}56,9'Ost$, $ГКК = 140^{\circ} (+1^{\circ})$; $КК_{ГЛ} = 136^{\circ} (+5^{\circ})$. Карта № 385. Впередсмотрящие — Петров и Звягин. Вахтенный третий помощник капитана Полоцкий.

12.00. Вахту принял второй помощник капитана Разговоров.

Начало суток и заголовок

Каждые новые сутки начинаются с новой страницы

Четверг «30» мая 1979 г. Рейс № 8

из Калининграда в Роттердам Балтийское море

00.00. *ол* = 16,2. Вахту принял старший помощник капитана Пименов.

Отсчет лага на целый час на правой странице пишется только на 00.00.

Перевод часов

23.00. *ол* = 64,3. Перевели судовые часы на 1 ч назад.

$N_{П} = 20^{st}$; $T_c = 22.00$.

Примечание. Если лаг не работает, то необходимо записывать и координаты места судна в момент перевода часов.

Исправление записей

Текст, подлежащий исправлению, зачеркивают одной тонкой горизонтальной чертой и заключают в скобки, около которой делают сноску. Исправление или дополнение записывают в конце текста или в конце этой же страницы журнала. Все последующие исправления, если их делают в конце страницы, записывают вверх от первого исправления. Каждое исправление подписывают разборчивой подписью.

Исправление в конце текста

15.30. *ол* = 49,4. Мыс Видимый $144,8^{\circ} (+0,5^{\circ})$; *ос* = 14,7; $i + s = -2,7'$ ($D_y = 5,2$)* мили. $C = 45^{\circ} - 2$ мили. 16.00. $\varphi_c = 49^{\circ}08,3'N$; $\lambda_c = 49^{\circ}29,3'W$ $ГКК = 210^{\circ} (+1,5^{\circ})$; $КК_{ГЛ} = 214^{\circ} (-2,5^{\circ})$. Карта № 21300. Впередсмотрящий — Петров. *Следует читать $D_y = 5,6$. Вахтенный второй помощник капитана Разговоров.

Исправление и дополнение в конце этой же страницы

08.33*. Легли на $ГКК = 164^{\circ} (0^{\circ})$; $КК_{ГЛ} = 163^{\circ} (+1^{\circ})$. 11.45. *ол* = 15,8; уменьшили ход до 12 уз ($\Delta л = +3\%$)**. 12.00. $\varphi_c = 50^{\circ}03,6'N$; $\lambda_c = 5^{\circ}03,8'Ost$ ***. Карта № 21299. Впередсмотрящий — Ветров. Вахтенный третий помощник капитана Корчин.

***Пропущено $ГКК = 164^{\circ} (0^{\circ})$; $КК_{ГЛ} = 163^{\circ} (+1^{\circ})$. Корчин.

**Читать $\Delta л = +5\%$. Корчин.

*Пропущено *ол* = 49,9. Корчин.

Капитан

Записи при ведении счисления

Изменение курса

12.21. *ол* = 39,0. Легли на $ГКК = 268^{\circ} (+1^{\circ})$; $КК = 265,5^{\circ} (+3,5^{\circ})$.

Изменение хода

16.29. *ол* = 98,3. Дали полный ход 18 уз; $\Delta л = +2\%$.

Начало учета дрейфа

03.30. *ол* = 0,7. Начали учитывать дрейф; $\alpha = +4^{\circ}$ от ветра NW — 6 баллов.

Прекращение учета дрейфа

05.50. *ол* = 25,9. Ветер стих. Прекратили учитывать дрейф.

Учет постоянного течения

21.35. *ол* = 34,6. Начали учитывать постоянное течение; $K_T = 40^{\circ}$; $V_T = 1,5$ уз; $\beta = +3^{\circ}$.

Учет приливо-отливного течения

а) Прокладка на крупномасштабных картах.

20.00. Начали учитывать приливо-отливное течение. $K_T = 21^{\circ}$; $V_T = 1,6$ уз; $\beta = +5^{\circ}$. 21.00. Учитываем приливо-отливное течение; $K_T = 45^{\circ}$; $V_T = 1,8$ уз; $\beta = +4^{\circ}$. 22.00. Учитываем приливо-отливное течение; $K_T = 88^{\circ}$; $V_T = 1,4$ уз; $\beta = +3^{\circ}$. 22.45. *ол* = 86,9. Прекратили учет приливо-отливного течения.

б) Прокладка на мелкомасштабных картах
20.00. Учли приливо-отливное течение за 4 ч; $K_T = 75^\circ$; $S_T = 4,6$ мили;
 $\beta = +3^\circ$ (далее смотри запись на сдачу вахты).
Плавание по фарватерам, огражденным плавучим СНО
24.29. ол = 64,3. \perp буя № 2 п/6 — 0,5 кб.

Примечание. Расстояние до 5—10 кб при таком плавании определяется глазомерно.

Записи при определении места судна

При каждой принятой для дальнейшего счисления обсервации записывают: момент времени, к которому отнесена обсервация, отсчет лага, название ориентиров, измеренные величины (пеленги, углы, расстояния, отсчеты при определении по РНС и т. д.), поправки к ним и полученную невязку, а по радионавигационным системам также и координаты. При определении места по светилам записывают: время, отсчет лага, способ определения, обсервованные координаты и полученную невязку.

Образцы записей при обсервациях

По двум и трем визуальным пеленгам

12.30. ол = 42,6. М^к Приглубый 45,4°; м. Красный 96,2°; вершина «103» 158,0° (+2,0°); $C = 190^\circ - 0,7$ мили.

По крюйс-пеленгу

22.15. ол = 34,2. М^к Рифленный 238,0° (-1,0°). 22.40. ол = 41,0. М^к Рифленный 300,4° (-1,0°); $C = 20^\circ - 0,5$ мили.

По пеленгу и расстоянию, измеренному секстаном по угловой высоте предмета

10.20. ол = 76,0. М^к Видимый 324,2° (+0,5°); ос = 12,2'; ($i + s = +1,5'$); $D_p = 4,9$ мили; $C = 220^\circ - 1,2$ мили.

По радиолокационным пеленгу и расстоянию

19.40. ол = 66,6. М^к Березовый РЛП = 39,0° (+2,0°); $D_p = 8,4$ мили (+0,3 мили); $C = 230^\circ - 0,9$ мили.

По пеленгу и расстоянию, измеренным РЛС до радиолокационного маяка ответчика

08.30. ол = 00,5. РЛМ^к_{отв} пл. М^к Приемный 194,0° (-1,0°); $D_p = 6,3$ мили (+0,3 мили); $C = 270^\circ - 0,5$ мили.

По двум горизонтальным углам

11.40. ол = 96,4. Зн. Левый — 44°20,0' — зн. Средний — 54°03,0' — зн. Правый ($i + s = -2,0'$); $C = 345^\circ - 0,7$ мили.

По пеленгу и горизонтальному углу

17.24. ол = 86,0. Башня Отменная ГКК = 39,5° (-0,5°); башня Отменная — 49°58,0' — передний створный знак Кумаонского створа ($i + s = +1,0'$); $C = 0$.

По двум и трем расстояниям, измеренным РЛС

20.15. ол = 19,2 м. Подходный $D_p = 7,2$ мили; м. к N от селения Верхнее $D_p = 8,3$ мили; о-в Круглый $D_p = 10,1$ мили (+0,1 мили); $C = 245^\circ - 1,1$ мили.

По двум и трем радиопеленгам

15.30. ол = 10,0. РМ^к Лебе ОРКУ = 317,0° ($f = -3,3^\circ$); ИК = 231,0°; ($\psi = -0,1^\circ$). 15.34. ол = 11,2. РМ^к Хель ОРП = 154,5° ($f = -1,4^\circ$); $\Delta GK = +1,0^\circ$; ($\psi = +0,4^\circ$). $\varphi_0 = 55^\circ 53,7' N$; $\lambda_0 = 17^\circ 40,9' OSt$; $C = 20^\circ - 2,2$ мили.

По секторным радиомаякам

13.10. ол = 29,4. РМ^к Бушмилс В-2 21 тире. 13.12. ол = 30,0. РМ^к Ставангер А-8 29 токчек; $\varphi_0 = 55^\circ 36,5' N$; $\lambda_0 = 2^\circ 41,0' OSt$; $C = 185^\circ - 1,9$ мили.

По РНС «Декка»

21.40. ол = 19,9. Цепочка 4 В. В 32,90; F 55,95; C4,12; $\varphi_0 = 55^\circ 53,5' N$; $\lambda_0 = 16^\circ 31,4' W$; $C = 320^\circ - 0,4$ мили.

По РНС «Лоран-А»

16.50. *ол* = 62,2. РНС «Лоран-А». *IL3* — 3741. 16.56. *ол* = 61,4. *IL2* — 1946 (—45); $\varphi_0 = 48^{\circ}06,6'N$; $\lambda_0 = 51^{\circ}08,1'W$; $C = 195^{\circ} - 2,6$ мили.

По РНС «Лоран-С»

18.10. *ол* = 92,8. РНС «Лоран-С». *SS* — 7; X — 37130,86 (+01), Y — 4992,05, Z — 68510,25 (—02); $\varphi_0 = 45^{\circ}31,9'N$; $\lambda_0 = 73^{\circ}25,5'W$; $C = 120^{\circ} - 0,1$ мили.

По РНС «Омега»

03.25. *ол* = 54,8. РНС «Омега». *AB* — 637,35; *DC* — 1138,27; $\varphi_0 = 43^{\circ}15,7'N$; $\lambda_0 = 16^{\circ}14,5'Ost$; $C = 40^{\circ} - 1,2$ мили.

По НСС «Транзит»

15.15. *ол* = 30,3. НСС «Транзит»; $\varphi_0 = 42^{\circ}10,5'N$; $\lambda_0 = 32^{\circ}12,6'W$; $C = 140^{\circ} - 1,5$ мили.

По двум и трем звездам

20.30. *ол* = 74,3. Определили место судна по трем звездам. $\varphi_0 = 42^{\circ}45,0'N$; $\lambda_0 = 23^{\circ}24,5'W$; $C = 15^{\circ} - 2,2$ мили.

По Солнцу

14.50. *ол* = 00,2. Определили место судна по Солнцу. $\varphi_0 = 51^{\circ}00,3'N$; $\lambda_0 = 28^{\circ}30,0'W$; $C = 275^{\circ} - 2,9$ мили.

По рельефу дна

21.30. *ол* = 27,3. $H_0 = 8,2$ м, $\Delta H_0 = +3,5$ м. 21.50. *ол* = 29,4. $H_0 = 76$ м, $\Delta H_0 = +3,5$ м. 22.05. *ол* = 37,2. $H_0 = 56,5$ м, $\Delta H_0 = +3,0$ м. Опознали место по изобатам 80 и 60 м; $\varphi_0 = 43^{\circ}15,7'N$; $\lambda_0 = 17^{\circ}14,3'Ost$; $C = 270^{\circ} - 5,2$ мили.

Уточнение места по одной линии положения

16.20. *ол* = 17,5. РМК Северный ОРП = $153,4^{\circ}$; $\Delta GK = -1,0^{\circ}$; ($f = -12,8^{\circ}$); ($\psi = -0,7^{\circ}$). Уточнили счислимое место; $C = 130^{\circ} - 2,1$ мили.

П р и м е ч а н и я. 1. Если невязки нет, то записывают $C = 0$.

2. В судовой журнал записывают только ту обсервацию, которая принята для дальнейшего счисления;

3. Если обсервацию производят в моменты, кратные целому часу, то отсчеты лага при этой обсервации на правой странице журнала не записывают.

В судовых журналах судов, совершающих плавание в ледовых условиях, записи должны характеризовать все особенности плавания.

В дополнение к данным, предусмотренным правилами ведения судового журнала, при самостоятельном плавании необходимо записывать следующие сведения: время и место входа в лед и выхода из него; характеристику льда; каждый час курс и пройденное расстояние, а если судно шло переменными курсами, то генеральный курс; все полученные распоряжения от руководства морскими операциями; место начала дрейфа, ледовую и метеорологическую обстановку, а также результаты наблюдений за направлением и скоростью дрейфа, время начала сжатия, подробную характеристику льда, направление и силу ветра, направление и силу сжатия, его продолжительность и последствия; если судно получило повреждения — меры борьбы за живучесть судна.

При плавании судна за ледоколом в судовой журнал необходимо записывать: время и место вступления судна под проводку ледокола, название ледокола; заданную дистанцию, а если судно следует в составе каравана, то свой порядковый номер в кильватерном строю и названия впереди и позади идущих судов; состояние канала за ледоколом; если судно застряло во льду и временно оставлено ледоколом, — время и место, а также характеристику окружающей ледовой обстановки.

При плавании в штормовых условиях необходимо записывать: время получения штормового предупреждения с указанием направления и силы ветра, волнение моря, мероприятия по судну, направленные на подготовку судна к плаванию в штормовых условиях (осмотр и подкрепление палубного и трюмного груза, поджатие люковых уплотнений, задрайка люков, горловин, иллюминаторов, водонепроницаемых переборок и т. п.), метацентрическую высоту, определенную по периоду качки, время оповещения экипажа о приближении шторма. В дальнейшем записывают изменения в направлении и силе ветра и высоты волн, параметры качки и все остальные события, оказывающие влияние на состояние судна в условиях штормования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авербах Н. В.; Баранов Ю. К. Определение маневренных элементов морского судна и поправки лага. М.; Транспорт, 1970. 88 с.
2. Автоматизация управления движением судна. /А. А. Якушков, В. Д. Ракитин, В. М. Филин и др. М., ММФ, ЦБНТИ. Обзорная информация. Серия «Судовождение и связь», 1977. 52 с.
3. Баранов Ю. К. Использование радиотехнических средств в морской навигации. М., Транспорт, 1978. 224 с.
4. Гришин Ю. А. История мореплавания. М., Транспорт, 1972. 160 с.
5. Ермолаев Г. Г. Картографические проекции и морские карты. М.; Транспорт, 1971. 128 с.
6. Ермолаев Г. Г. Морская лоция. М., Транспорт, 1975. 320 с.
7. Залевский В. В. Рационализация штурманских расчетов. М.; Транспорт, 1968. 112 с.
8. Лесков М. М.; Гаврюк М. И. Ошибки навигационных определений. М., Транспорт, 1964. 136 с.
9. Мизерницкий А. И. Навигация. М., Морской транспорт, 1963. 528 с.
10. Наставление по организации штурманской службы на судах Министерства морского флота Союза ССР. М., Рекламинформбюро ММФ, 1977. 112 с.
11. Новые технические средства судовождения./Под ред. А. А. Якушкова. М., Транспорт, 1973. 264 с.
12. Нойкирхен Г. Мореплавание вчера и сегодня. Л.; Судостроение, 1977. 183 с.
13. Практическое руководство для штурманов. Под ред. А. И. Щетиной. М., Транспорт. 1965. 559 с.
14. «Рекомендации для плавания в районах разделения движения» (адм. № 9037). Издание Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны СССР, 1972. 136 с.
15. Устав службы на судах Министерства морского флота Союза ССР. М.; Рекламинформбюро ММФ, 1976. 224 с.
16. Файн Г. И. Навигация, лоция и мореходная астрономия. М., Транспорт, 1977. 271 с.
17. Ющенко А. П., Лесков М. М. Навигация. М., Транспорт, 1972. 360 с.