

В водах Северо-Западной Европы с 1981 г. действует унифицированная система плавучих средств навигационного ограждения опасностей, которая в дальнейшем должна будет распространена на все районы Мирового океана. Эта система уже принята во всех государствах бассейна Северного моря, проливов Ла-Манш и Па-де-Кале, в Великобритании, Ирландии и на Атлантическом побережье Франции. Основана она на следующих принципах:

1. Возможность раздельного и совместного использования латеральной и кардиальной систем ограждения.

2. Минимум числа плавучих знаков ограждения, их легкое и надежное опознание по цвету и характеру огня, без применения секундомера.

3. На латеральных знаках огни зеленые и красные, на кардиальных — белые, с резко отличающимися характеристиками.

4. Затонувшие суда ограждаются, как и все другие навигационные опасности, кардиальными или латеральными знаками.

5. Новые опасности ограждаются по этим же правилам. Внешний вид унифицированных знаков показан в приложении 2, д.

В унифицированной системе наименование кардиального знака, как в большинстве стран мира, означает сторону, с которой судно должно пройти его. В водах СССР переход на новую систему ограждения намечено осуществить в течение пяти лет: в 1981 г. — на Балтийском море, в 1982—1983 гг. — на Азовском и Черном морях, в 1984 г. — в морях Дальнего Востока и в 1985 г. — в морях Северного Ледовитого океана.

Область применения плавучих маяков намного меньше, чем других плавучих предсторегательных знаков. Как правило, плавмаяки устанавливают в районах морских опасностей, значительно удаленных от берега при

входе в проливы, каналы или фарватеры (например, плавмаяк «Ирбенский» в Рижском заливе), часто в качестве приемных маяков больших портов. Каждый плавучий маяк окрашивается приметным и отличным от краски других судов образом. Надводные борта плавмаяков обычно окрашиваются в красный цвет. Вдоль обоих бортов большими буквами пишется название маяка. Плавучий маяк, находящийся на своем штатном месте, должен нести на топе мачты решетчатый шар, а ниже него — маячный флаг желтого цвета с прямым синим крестом. Сорванный со своего штатного места плавмаяк считается неработающим и вместо шара и маячного флага должен нести: днем — по одному черному шару в носу и корме (или по одному красному флагу), ночью — по одному красному огню на тех же местах. Плавмаяки могут также подавать туманные и другие сигналы. В последнее время плавмаяки выходят из употребления и заменяются башенными морскими маяками.

Плавучее ограждение называется штатным, если оно нанесено на карты. Дополнительное ограждение, выставляемое для каких-либо специальных целей в летнее время, называется летним. Зимнее ограждение выставляется после ледостава в замерзающих портах для обозначения входа и выхода из портов, а также участков и рейдов для безопасного движения ледоколов и проводимых ими караванов. О выставлении летнего или зимнего ограждения сообщается в «Извещениях мореплавателям».

Средства берегового ограждения — маяки, освещаемые и неосвещаемые знаки, створы и т. д. — устанавливают для того, чтобы облегчить мореплавателям ориентировку в море относительно морских опасностей, лучше опознать берег и вход в порт или на рейд, определить место судна при плавании в видимости берегов. Основ-

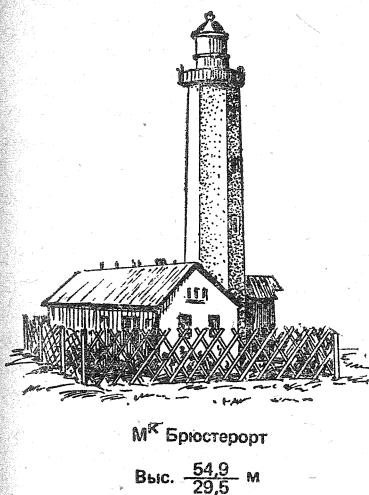


Рис. 56. Береговой маяк



Рис. 57. Морской маяк

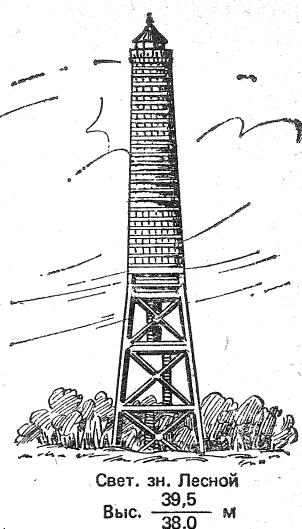


Рис. 58. Береговой знак

ным береговым ориентиром является маяк. Оснащенный мощным источником света, маяк в хорошую погоду ночью имеет дальность видимости до 15—20 миль и более. Мореплаватели относятся к сигналам маяков с самой высокой степенью доверия, так как местоположение их неизменно.

В отличие от других навигационных знаков маяк обслуживает мореплавателей круглые сутки и в любую погоду. В зависимости от места установки береговые маяки делят на собственно береговые и на морские. **Береговые маяки** возводят обычно на высоких, выдающихся в море мысах материка или больших островов (рис. 56), **морские** — на расположенных вдали от берега естественных или искусственных островках или просто на подводной скале (рис. 57). По своему назначению береговые маяки могут быть опознавательными (указательными) и створными. Первые, как видно из названия, обычно служат приемными знаками при входе в какой-либо порт или канал (например, Дообский маяк при подходе к Ново-

российску), поворотными знаками в том месте, где проходящие суда обычно меняют свой курс (например, Поворотный в Японском море), предостерегательными знаками, указывающими на определенную навигационную опасность (например, Родшер в Финском заливе). Створные маяки ставят для облегчения прохода судов в узостях или входа на рейд, в гавань или в порт (например, Таллинские створные маяки).

Во избежание путаницы все маяки отличаются друг от друга не только внешним видом, но и характеристикой огня и туманного сигнала. Практически установлено, что маяки с одинаковой характеристикой не должны располагаться ближе чем в 80 милях друг от друга.

Главные требования к маякам сводятся к следующему:

1. Местонахождение каждого маяка должно быть точно нанесено на карту.
2. Он должен быть хорошо виден и днем и ночью.
3. Огонь маяка не должен прини-

маться за любой случайный огонь на берегу.

4. Маяк должен иметь надежную туманную сигнализацию.

Кроме маяков на берегу устанавливают освещаемые и неосвещаемые знаки. **Освещаемые** знаки отличаются от маяков меньшей величиной и тем, что на них ставят автоматические источники света, менее мощные и не требующие постоянного обслуживания. **Неосвещаемые** знаки служат ориентирами только в дневное время (рис. 58).

5.3. Сигнальные и другие станции

Кроме знаков плавучего и берегового ограждения безопасность мореплавания обеспечивает ряд специальных сигнальных станций, задача которых — передача на суда, находящиеся в море, сведений, имеющих значение для безопасного плавания. Они могут находиться при маяках или работать самостоятельно. К таким станциям относятся прежде всего **радиостанции**, которые в зависимости от своего назначения передают метеорологические сводки, радионавигационные извещения, сигналы времени и медицинские советы. Эти передачи ведутся по установленной программе, по запросу или в определенное время суток.

Телефонные станции при маяках позволяют связать их с ближайшим портом или населенным пунктом.

Метеосводки и радионавигационные извещения (сокращенно МЕТЕО и НАВИМ) информируют мореплавателей об ожидаемой погоде и изменениях в навигационной обстановке. Их передают все береговые станции Министерства морского флота открытым текстом. Эти извещения могут быть очередными и срочными. Последние передаются немедленно по поступлении на радиостанцию, а очередные — по расписанию передач. Сигналы вре-

мени по радио даются в соответствии с программой, установленной для данной станции, подробности о которой указываются в локциях и в специальном издании «Радиосигналы времени».

Кроме радиосвязи для передачи на суда нужной информации используются также звуковые, флаговые (фигурные) и световые средства сигнализации. Для подачи таких сигналов на хорошо видном с моря месте устанавливают **сигнальные посты**, оборудованные мачтой, на которой поднимают определенные сочетания флагов или фигур, обозначающих необходимый сигнал. В темное время суток эти сигналы передаются азбукой Морзе с помощью клотикового фонаря или сочетаниями красного, зеленого и белого огней. С сигнальных постов обычно подаются следующие сигналы:

«**Предупреждение об опасности**» — подается плавучими маяками, на мачте которых для судов, чей курс ведет к опасности, поднимается двухфлажный сигнал по Международному своду сигналов — «Вы идете к опасности» с одновременным пуском ракет (ночью сигналдается только ракетами). Сигнал подается до тех пор, пока судно не увидит его и не изменит своего курса.

«**Лоцманские сигналы**» — они регулируют движение судов по каналу или фарватеру, сообщают о глубинах на фарватерах, о приливах и отливах в порту, о течениях и о высоте воды и т. п.

«**Штормовые сигналы**» — для предупреждения мореплавателей и населения портовых городов о надвигающихся штормах и сильных ветрах. Эти сигналы имеют значение для ограниченного района и служат в основном предупреждением для выходящих в море судов (см. приложение 2, е).

Туманные сигналы, имеющие весьма серьезное значение для безопасности плавания вблизи берегов, подают воз-

душными и подводными средствами звуковой сигнализации при снижении видимости (туман, снежный заряд, морось и т. п.). В советских водах воздушные туманные сигналы подаются береговыми маяками при помощи следующих устройств:

— **наутофон** — мембранный излучатель со звуком, напоминающим звук горна. Дальность слышимости достигает 3—4 миль;

— **сирена** — паровая или пневматическая с неподвижным или вращающимся рупором. Издает сильный воющий звук и имеет среднюю дальность слышимости 6—8 миль;

— **диафон** — издает сильный прерывистый звук, слышимый на расстоянии 6—8 миль;

— **туманный горн** — имеет однотонный звук с небольшой дальностью слышимости (до 2 миль). Применяется в основном на плавучих маяках;

— **свисток** (или ревун) применяется на морских буях. Работает автоматически при волнении определенной силы;

— **пушка** — выстрелы производятся с промежутком 10 мин. При ветре с моря выстрелы даются чаще;

— **взрывы** — сильный звук от взрыва специального патрона на большой высоте; распространяется во все стороны и считается надежнее пушки;

— **колокол** — в настоящее время применяется только на морских буях и в качестве дублирующего средства на маяках. Береговые маяки подают двухударный звон с промежутком до 3 мин; плавучие маяки — трехударный звон с промежутком до 2 мин.

Отдельно могут быть выделены радиопеленгаторные станции и радиомаяки, которые, передавая определенные сигналы, служат для определения места судна в море при помощи радиопеленгов.

Лоцманские станции обеспечивают лоцманскую проводку судов в порт и из порта, а спасательные станции ока-

зывают помочь судам, терпящим бедствие.

Все сведения о маяках, сигнальных станциях и передаваемых ими сигналах даются в «Лоциях» и отдельных изданиях «Огни и знаки» по каждому морю. В этих же изданиях имеются данные о лоцманских и спасательных станциях. Пункты, где имеются такие станции, обозначают на картах.

5.4. Морские карты

Советские морские карты — основное пособие каждого штурмана. Их издает ГУНиО МО СССР. По своему назначению карты делятся на две основные группы: навигационные, непосредственно используемые в судоходстве, и справочные — сборные листы, карты ветров, течений, часовых поясов, радиомаяков и т. д. К навигационным относятся следующие карты:

генеральные (общие) карты, которые имеют масштаб от 1 : 500 000 до 1 : 5 000 000 и служат для общего изучения изображаемых на них морей, океанов и их частей и для нанесения предварительной прокладки. На генеральных картах показывают только главные маяки и огни. Освещаемые буи и дневное плавучее ограждение наносят только у внешних опасностей и на подходах к портам. Изобаты нанесены по глубинам 20, 50, 100 и 200 м;

путевые карты, масштаб которых от 1 : 100 000 до 1 : 500 000, служат для ведения навигационной прокладки и определения места судна с достаточной для мореплавания точностью. Внешние средства навигационного обеспечения наносят на этих картах полностью, а внутри рейдов и портов с большой разрядкой. Изобаты нанесены по глубинам 5, 10, 20, 50 и 100 м;

частные карты, которыми пользуются для прокладки при плавании в непосредственной близости от берегов,

в шхерах и узостях и при подходе к берегу. Они имеют масштабы от 1 : 25 000 до 1 : 75 000. Изобаты нанесены по глубинам 2, 5, 10, 20, 50 м и все навигационные опасности с их береговым и плавучим ограждением;

планы дают подробные изображения портов, бухт, гаваней, якорных стоянок и других ограниченных акваторий. Масштаб планов от 1 : 500 до 1 : 25 000. Все навигационные ограждения на планах наносят полностью.

Для того чтобы правильно пользоваться картой, надо уметь читать ее, т. е. понимать все нанесенные на карту условные обозначения и правильно разбираться в них. Чтение карты следует начинать с заголовка, в котором указывается ее название (район плавания), числового масштаба с указанием главной параллели, к которой он относен, меры, в которых даны глубины и высоты прибрежных гор, а также год, к которому приведено магнитное склонение. После заголовка прочитывают расположенные под нижней рамкой отметки о датах последней (большой и малой) корректуры данной карты и год ее издания.

Все примечания, предупреждения (печатающиеся красным цветом), рисунки маяков и планы портов помещаются на карте таким образом, чтобы не закрывать береговой черты и водной поверхности. Адмиралтейский номер карты проставляется во всех четырех углах. С 1968 г. номера советских морских карт состоят из пяти цифр. Первая из них обозначает район Мирового океана, вторая — масштаб карты, третья — район океана или море, последние две цифры — порядковый номер карты данного района океана или моря.

После предварительного знакомства с картой подробно просматривают район, в котором предстоит плавать, чтобы во всех подробностях изучить навигационную обстановку — глубины, опасности и систему их ограждения,

береговую черту, расположение маяков и знаков.

Для изображения на карте состояния и особенностей поверхности моря, его дна и побережья применяется система условных обозначений, приведенная в приложении 2, а*.

Глубины на современных картах показываются в метрах и дециметрах, при этом обозначение 5₆ следует читать как 5,6 м. Точки с одинаковыми глубинами соединяются линиями равных глубин — изобатами. Изобата, отделяющая прибрежное мелководье либо отдельную мель или банку, называется линией опасности, или предостерегательной изобатой. Для малых судов линией опасности считается 10-метровая изобата.

Грунты обозначаются условными сокращениями, например: П — песок, И — ил, Кор — кораллы и т. д. Сложные грунты указывают сочетаниями сокращений составляющих грунтов: ИП — илистый песок, ГрП — гравий с песком, СрГл, МК — серая глина, мелкий камень. Буквами обозначаются также цвет и характеристика грунта: ЖлП — желтый песок, срмПГл — серый мелкий песок с глиной. Если составляющие грунта располагаются слоями, то первым пишется верхний слой МППл — мелкий песок на плите.

Естественные навигационные опасности — банки, мели, рифы дают на картах контуром из точек с обязательным указанием наименьшей глубины над ними. Все остальные морские опасности обозначаются различными условными знаками. Если положение или существование показанной на карте опасности вызывает сомнения, то рядом с обозначением такой опасности или внутри нее ставятся пометки: ПС — «положение сомнительное».

* По книге «Условные знаки морских карт и карт внутренних водных путей», ГУНиО МО, 1975.

тельно» или СС — «существование сомнительно».

Места якорных стоянок обозначаются рисунком якоря. Изображение якоря без штока означает стоянку для малых судов, а якоря со штоком — для больших судов. Район с плохим грунтом обводят пунктиром с надписью: *плх* (плохой грунт).

Величина магнитного склонения указывается либо в заголовке карты, если она одинакова для всей карты, либо в центре картушки, расположенной на водной поверхности карты; центр картушки совмещается с точкой, где было определено склонение. В этой же картушке указывается годовое изменение склонения. Иногда величины склонений дают и без картушек. Так как картушки склонений имеют истинные направления, ими можно пользоваться вместо транспортира. Районы магнитных аномалий обводят сплошной толстой линией.

Почти все средства навигационного оборудования имеют свои условные знаки. То, что не имеет своего знака, обозначается кружком с точкой в центре. Эта точка на карте соответствует точному местоположению знака на местности. Освещаемые знаки и маяки имеют на карте цветные изображения огней и их характеристики. Расцветка маячных огней показывается цветными окружностями с центром в точке нахождения маяка или частями окружности в пределах угла освещения. Характеристика огня дается рядом с маяком в одну строчку, например: ГрПр(3) (25°) 10M(н), что означает — группово-проблесковый огонь с тремя проблесками и периодом 25 с, дальность видимости 10 миль, туманный сигнал — наутрофон.

Направления, обозначающие границы углов освещения маяков, на картах считаются от маяка в море (см. приложение 2, б).

Створы обозначают на картах сплошными линиями (ходовая часть)

и пунктиром (неходовая часть, а также поворотные и секущие створы на мерных линиях).

Морские течения, которые необходимо учитывать при прокладке, наносят на карты в виде стрелок: показывающие направление постоянного течения — с оперением, переменное — волнистой линией. Скорость течения с точностью до $\frac{1}{4}$ уз пишется сверху стрелки. Приливные течения обозначают стрелкой с оперением сверху, отливные — без оперения (см. рис. 125).

Различные приметные строения и предметы на берегу, чье место определено, — церкви, башни, отдельные высоты, — также показывают условными знаками. Точное место показанного на карте предмета относится к середине основания или к центру условного знака.

Представляющие для мореплавателя серьезную опасность затонувшие суда обозначаются пятью различными знаками: для затонувших судов с частями корпуса, возвышающимися над водой и представляющими явную опасность; с мачтами над водой; для судов, глубина над которыми меньше 18 м и больше 18 м; осыхающих.

При подборе карт для плавания необходимо иметь в виду, что для прокладки следует использовать только карты самого крупного масштаба и откорректированные по день выхода в море. Корректура карт — это нанесение на нее тех изменений в морской и навигационной обстановке, которые произошли со дня ее издания: вновь обнаруженные опасности, упразднение одних знаков навигационной обстановки и открытие других, результаты новых промеров и т. д., о которых должен знать мореплаватель.

Большая корректура нужна при появлении новых гидографических данных или накоплении большого числа малых корректур, которые существенно изменяют оригинал карты. Поэтому

му большая корректура проводится только картографическим производством — издаются новые исправленные карты.

Малая корректура обычно предусматривает незначительные изменения. Ее выполняют от руки красными чернилами или тушью. Малая корректура карт, находящихся на складе гидро-графии, производится работниками гидрографии, а карт, имеющихся на судах, — штурманами на основании «Извещений мореплавателям» (в плавании — по радиоизвещениям НАВИМ). Дата последней корректуры на получаемых из гидрографии картах должна быть указана под нижней рамкой карты со ссылкой на номера использованных «Извещений мореплавателям».

5.5. Навигационные пособия

Кроме морских карт в практике судовождения используют различные навигационные пособия, и в первую очередь «Лоции», которые дополняют и уточняют сведения, данные на картах, облегчая тем самым решение навигационных задач. Кроме «Лоций» ГУНиО МО СССР издает и другие, вспомогательные, пособия: «Каталог карт и книг», книги «Огни и знаки», справочники «Радиомаяки», различные таблицы и бланковые издания, в том числе и книгу «Условные знаки морских карт и карт внутренних водных путей».

«Лоции» издают отдельно для каждого моря или части океана. В общем случае каждая книга «Лоций» состоит из четырех основных разделов:

— общий обзор, в котором содержатся сведения о границах описываемого района, навигационно-географические и гидрометеорологические данные, сведения о портах и якорных стоянках, а также правила плавания в иностранных водах;

— навигационное описание, которое

для удобства разделено по районам, и содержащее последовательно отдельные участки побережья, заливы, проливы, порты, фарватеры, приметные места, морские опасности, а также дающее наставления для плавания в различных местах, имеющих какие-либо особенности;

— справочный отдел, где имеются таблицы расстояний между портами, словарь местных и иностранных слов и терминов, встречающихся в «Лоции» и на картах, и другие сведения;

— алфавитный указатель, содержащий географические названия всех портов, мысов, проливов, заливов, якорных стоянок и т. п. Если «Лоция» охватывает иностранные воды, алфавитный указатель состоит из двух частей, в которых названия даются в русской и латинской транскрипции.

Кроме письменного материала «Лоция» содержит фотографии и рисунки приметных береговых мест и сборный лист карт данного района или моря.

Так как срок службы «Лоций» около 10 лет, в течение этого времени периодически выпускаются дополнения и изменения, содержащие корректурный материал. Обязательным документом для корректуры «Лоций» являются также «Извещения мореплавателям». Учет корректуры ведется на специальном листе, вклеенном в самом начале книги.

«Огни и знаки» издаются чаще «Лоций» (через каждые 3—5 лет) и служат постоянным дополнением к ним. Их выпускают для каждого моря отдельно. Здесь есть все нужные штурману данные о маяках, освещаемых знаках, огнях и буях. Для получения этих данных надо найти в алфавитном указателе по названию маяка его номер, по которому и отыскивают сам маяк. О каждом маяке книга «Огни и знаки» сообщает следующие сведения: номер; название; положение (где находится маяк); широту и долготу с точностью до

одной минуты; число, цвет, характер огня; дальность видимости огня (огней) в ясную погоду (в милях); высоту огня от уровня моря и от основания маяка (в метрах); описание маяка, его вид и окраску, высоту сопротивления от его основания (в метрах); дополнительные сведения.

Как и «Лоции», книги «Огни и знаки» нуждаются в своевременной корректуре, основанием для которой служат «Извещения мореплавателям». Кроме того, по мере накопления материала периодически издаются «Дополнения к книгам «Огни и знаки».

«Извещения мореплавателям» — основные документы для корректуры карт и пособий — издают для всех морей Советского Союза и тех иностранных вод, которые охвачены советскими картами и пособиями, а также отдельно для районов плавания в советских водах, обслуживаемых Гидрографической службой флотов. Первые издаются еженедельно ГУНиО МО СССР, вторые — по мере надобности

гидрографической службой флотов. Каждое «Извещение мореплавателям» имеет свой порядковый номер и ссылку на документ, по которому оно объявляется.

Вспомогательным пособием для штурмана является «Каталог карт и книг», который содержит подробные сведения о картах и навигационных пособиях и служит для подбора карт и пособий к предстоящему плаванию. Для того чтобы подобрать карту или «Лоцию», пользуются сборными листами, помещенными в каталоге.

«Радиотехнические средства навигационного оборудования» содержат сведения о морских радиомаяках и радионавигационных системах, о радиостанциях, передающих МЕТЕО и НАВИМ.

Кроме этих пособий ГУНиО МО СССР издает также «Мореходные таблицы» (МТ) и «Морские астрономические ежегодники» (МАЕ), служащие для решения навигационных и астрономических задач.

Глава 6

ПРАКТИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИЯ

Слово «навигация» произошло от латинского *navigatio* — судоходство. Судовождение является предметом штурманской специальности. От знаний и опыта штурмана зависит безаварийное плавание судна. Яхтенный капитан должен в совершенстве владеть штурманской специальностью.

Штурманское дело на яхтах имеет ряд особенностей, осложняющих работу штурмана. К этим особенностям относятся:

1. Небольшая высота глаза над уровнем моря, что значительно уменьшает видимость и усиливает влияние рефракции, искажающей формы предметов.

2. Ограниченный обзор, снижающий

возможности наблюдения и пеленгования по всему горизонту.

3. Значительные дрейф и рыскливость яхты при волнении моря и постоянно меняющийся крен, которые могут вносить ошибки как в счисление пути, так и в обсервации.

4. Отсутствие на большинстве яхт ряда технических средств судовождения (например, лагов, эхолотов и радиопеленгаторов).

6.1. Основы навигации

Форма и размеры Земли. При решении различных задач судовождения необходимо учитывать форму и разме-

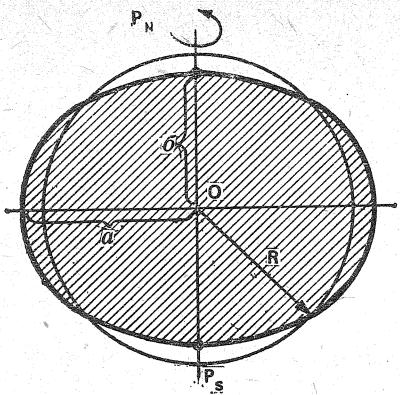


Рис. 59. Земной эллипсоид

ры Земли, которые наиболее близки к эллипсоиду вращения (рис. 59).

Фигура эллипсоида вращения характеризуется размерами его большой a и малой b полуосей, а также величиной среднеполярного сжатия α , которая определяется отношением разности полуосей к большой полуоси, т. е.

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

Часто земной эллипсоид называют земным сфероидом.

В СССР элементы земного сфероида были определены в результате решения системы из 1363 уравнений и были получены следующие данные: $a = 6\ 378\ 245$ м, $b = 6\ 356\ 863$ м,

$$\alpha = \frac{1}{298,3}, \quad R = 6\ 371\ 109,7 \text{ м.}$$

Сравнивая значение большой и малой полуосей сфероида, можно увидеть, что разница их составляет 21 382 м. Это всего 0,3% длины большой полуоси. Ввиду сравнительно небольшой разницы между размерами полуосей эллипсиода дальность Земли учитывают только в геодезии, картографии и спутниковой навигации. Для установления же основных определений навигации и решения практических задач судовождения вполне допустимо принимать Землю за шар, объем которого равен объему земного сфероида.

Основные линии и плоскости на Земле. Географические координаты. Разность широт и разность долгот. Положение различных объектов на поверхности Земли определяется с помощью географических координат. Для отсчета координат на земной шар условно нанесена система точек и кругов (рис. 60). Воображаемая прямая, вокруг которой происходит суточное вращение Земли, называется земной осью. Точки пересечения ее с поверхностью Земли называются географическими или истинными полюсами. Полюс, из которого вращение Земли усматривается против часовой стрелки, называется северным P_N , противоположный ему — южным P_S .

При сечении шара плоскостью получается круг, а на поверхности шара образуется окружность. Если секущая плоскость проходит через центр шара, то круг имеет наибольшие размеры и называется **большим**. Круги, образую-

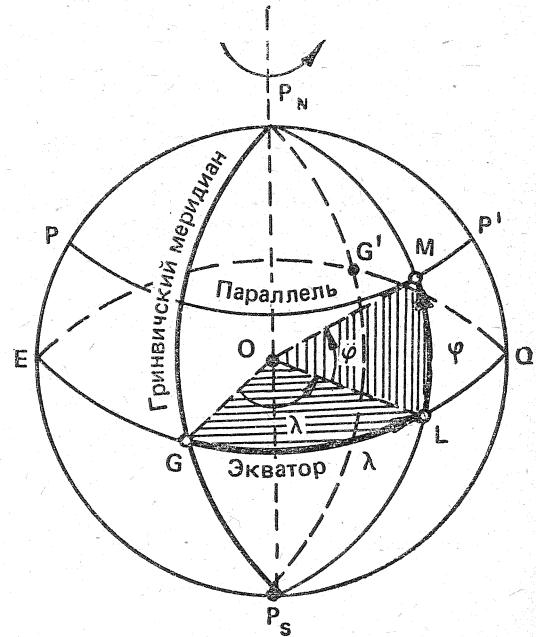


Рис. 60. Географические координаты

щиеся от сечения шара плоскостями, не проходящими через его центр, называются **малыми**. Окружности малых кругов, разноудаленных от центра шара, не равны между собой, а равноудаленных — равны.

Окружности больших кругов, проходящие через географические полюсы Земли, называются **истинными** или **географическими меридианами** либо просто **меридианами**. Меридиан, проходящий через какую-либо точку на земной поверхности, например через точку M (см. рис. 60), обозначающую место наблюдателя, называется **меридианом места** или **меридианом наблюдателя**. Практически рассматривают лишь половину меридиана $P_N M P_S$, заключенную между полюсами и проходящую через данную точку M .

На основании международного соглашения, принятого на Вашингтонской конференции 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**. От него ведется счет долгот. Если стать на Гринвичском меридиане лицом к P_N , то вправо от наблюдателя будет восточное полушарие, влево — западное.

Окружность большого круга EQ , плоскость которого перпендикулярна земной оси, называется **экватором**. Экватор делит земной шар на два полушария (северное и южное) соответственно с расположенными на них полюсами.

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

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

Географическая широта точки — это угол с вершиной в центре Земли, заключенный между отвесной линией (земным радиусом), проходящей через данную точку, и плоскостью земного экватора (угол MOL на рис. 60). Широта измеряется дугой меридиана от экватора до параллели данной точки ($\angle LM$) в пределах от 0 (на экваторе) до 90° . Если точка находится в северном полушарии, ее широте приписывается наименование N (северная), если в южном — S (южная). Географическая широта обозначается греческой буквой ϕ . Например, широту точки M записывают так: $\phi = 35^\circ 30'$, $0N$.

Географической долготой точки называется двугранный угол между плоскостью нулевого (Гринвичского) меридиана и плоскостью меридиана данной точки (угол GOL на рис. 60). Долгота измеряется меньшей из дуг экватора между Гринвичским меридианом и меридианом точки и отсчитывается к востоку или к западу от 0 до 180° .

Если точка находится в восточном полушарии, то долготе приписывается наименование Ost (восточная), если в западном — W (западная).

Обозначается долгота греческой буквой λ (ламбда). Например, долготу точки M записывают так: $\lambda = 72^\circ 12', 5 Ost$.

Таким образом, местоположение наблюдателя находят в данном полушарии в точке пересечения его меридиана и параллели. Параллели и меридианы, нанесенные на карту или глобус через равные промежутки, образуют градусную сетку.

Географические координаты судна изменяются. Величины изменения широты и долготы носят название **разности широт РШ** и **разности долгот РД**.

Приписав знак «плюс» северной широте и восточной долготе и знак «минус» южной широте и западной долготе, запишем алгебраические формулы для вычисления РШ и РД:

$$\left. \begin{array}{l} \text{РШ} = \varphi_2 - \varphi_1 \\ \text{РД} = \lambda_2 - \lambda_1 \end{array} \right\}, \quad (23)$$

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

Морские меры расстояний и скорости. Для измерения на море расстояний между различными пунктами и путем, проходимого судном, принята величина, называемая **морской мией**, которая является линейным размером одной минуты земного меридiana.

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

$$1' = \frac{2\pi R}{360 \cdot 60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6371109}{360 \cdot 60} =$$

$$= 1852,3 \text{ м.}$$

В СССР с 1931 г. в качестве стандартной морской мили принято округленное значение длины 1' дуги земного меридiana — 1852 м (6080 футов). Этим значением длины морской мили пользуются в судоходствии. Такая же длина принята в ГДР, ФРГ, Испании, США, Франции, Швеции. В Великобритании и Японии морская миля принята равной 1853,18 м, в Италии — 1851,85 м.

Морская миля удобна тем, что она служит как мерой длины, так и угловой мерой (одна морская миля = 1'; шестьдесят морских миль = 1°) при измерении дуг больших кругов.

Для измерения небольших расстояний принят **кабельтов**, составляющий одну десятую часть морской мили, т. е. 185,2 м.

Глубины моря и высоты гор, возвышенностей и других ориентиров на берегу на советских морских картах измеряются в метрах. На английских картах высоты предметов измеряются в футах (0,3048 м), а глубина моря — в футах и морских саженях (6 футов, или 1,83 м). Соотношения между единицами длины приводятся в табл. 44 Мореходных таблиц 1975 г. (МТ-75).

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

Иногда скорость хода выражают числом кабельтовых в минуту (кб/мин). Так как 1 узел — это 1 миля в 1 ч, или 10 кб в 60 мин, то для того, чтобы от узлов перейти к числу кб/мин, надо число узлов разделить на 6, и наоборот. Например, 6 узлов соответствует скорости 1 кб/мин.

В некоторых случаях скорость, выраженную в узлах, требуется выразить числом метров в секунду (м/с):

$$1 \text{ узел} = 1852 \cdot \frac{1}{3600} = 0,51 \text{ м/с.}$$

$$1 \text{ м/с} = 1 : 0,51 = 1,94 \text{ узла.}$$

Для перевода скорости из одной меры в другую служат таблицы 37 МТ-75.

Дальность видимости горизонта, ориентиров и огней. Видимым горизонтом называется окружность, по которой небосвод при визуальном наблюдении сходится с земной или водной поверхностью.

Окружность малого круга, образованная точками касания прямых лучей, идущих от глаза наблюдателя (находящегося на высоте e) к земной поверхности, называется **теоретическим видимым горизонтом наблюдателя**.

Расстояние, равное длине прямого луча от глаза наблюдателя до точек касания луча земной поверхности, называется **теоретической дальностью видимого горизонта D_t** . Чем больше высота e , тем больше дальность видимости его горизонта, которая вычисляется по формуле $D_t = \sqrt{2R \cdot e}$, где R — радиус Земли.

Теоретическая дальность видимого горизонта D_t всегда меньше его действительной дальности D_e из-за преломления лучей света в земной атмосфере, называемой **земной рефракцией**. В результате рефракции луч света распространяется не по прямой, а по некоторой дуге. Угол, образуемый касатель-

ной к преломленному лучу и прямым лучом зрения, называется углом земной рефракции. Чем больше рефракция, тем больше кривизна преломления луча, тем больше дальность видимости горизонта.

В результате рефракции наблюдатель может видеть дополнительно некоторую часть водной поверхности, расположенную за линией теоретической дальности видимого горизонта и ограниченную некоторым малым кругом. Этот круг и определяет линию видимого горизонта наблюдателя.

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 видимости горизонта примерно на 8%. Поэтому

$$D_e = 1,08 D_t = 1,08 \sqrt{2R}e. \quad (24)$$

Подставляя в эту формулу значения R и e (в метрах), получим $D_e = 2,08 \sqrt{e}$,

где D_e — дальность видимого горизонта, морские мили;

e — высота глаза наблюдателя, м.

Для быстрого и точного вычисления дальности видимого горизонта служит таблица 22-а (МТ-75).

Если предмет находится на уровне воды, то он может быть виден с расстояния D_e — дальности видимого горизонта. Если же предмет поднят над уровнем моря на высоту h , то наблюдатель может увидеть его на расстоянии, превышающем D_e , так как предмет будет возвышаться над горизонтом. Таким образом, дальность видимости предмета D зависит также и от его высоты (рис. 61). Чем больше высота предмета, тем больше дальность его видимости. Как видно на рис. 61, дальность видимости предмета определяется суммой дальностей видимого

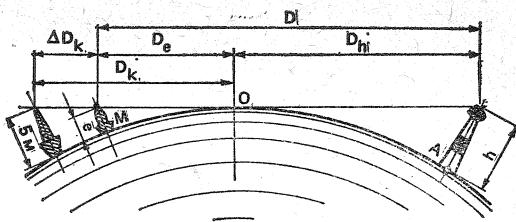


Рис. 61. Дальность видимости предметов и огней

горизонта с высоты глаза наблюдателя e и высоты предмета h :

$$D = D_e + D_h = 2,08 (\sqrt{e} + \sqrt{h}). \quad (25)$$

По этой формуле рассчитаны таблицы 22 МТ-75 и построена номограмма.

Пример. С какого расстояния откроется вершина горы высотой 144 м, если высота глаза наблюдателя $e = 2$ м.

$$\text{Решение: } D = 2,08(\sqrt{2} + \sqrt{144}) = 2,08 (1,4 + 12) = 27,9 \text{ мили.}$$

Проверив решение по таблице 22 (МТ-75), находим тот же результат. На всех морских картах, как и в навигационных пособиях, приводятся дальности видимости огней маяков и светящих знаков D_k с высоты глаза наблюдателя $e = 5$ м. Дальность видимости горизонта с этой высоты составляет 4,7 мили. В связи с этим при высоте глаза наблюдателя, отличной от 5 м, необходимо в значение D_k вносить поправку ΔD_k (см. рис. 61), которая вычисляется по формуле:

$$\Delta D_k = D_e - D_5 = 2,08 \sqrt{e} - 2,08 \sqrt{5} \quad (26)$$

$$\text{или } \Delta D_k = 2,08 \sqrt{e} - 4,7.$$

При высоте глаза $e > 5$ м знак поправки положителен, а при $e < 5$ м — отрицателен.

Таким образом, дальность видимости огней маяков светящих знаков рассчитывается по формуле:

$$D = D_k + \Delta D_k. \quad (27)$$

Пример. Дальность видимости маяка 16 м, высота глаза наблюдателя $e = 4$ м. Вычислить, на каком расстоянии откроется маяк?

Решение: $\Delta D_k = 2,08 \sqrt{e} - 4,7 = 4,16 - 4,7 = -0,54$ мили. $D = D_k + \Delta D_k = 16 - 0,54 = 15,46$.

По открытию или скрытию маяков над видимым горизонтом можно оценить расстояние до этих ориентиров и тем самым уточнить свое местоположение.

Дальность видимости предметов, рассчитанная по формуле (25) для среднего состояния атмосферы и в дневное время, называется геометрической, или географической. В дождь, снегопад, во мгле или тумане видимость предметов сокращается. А в условиях значительной рефракции дальность видимости предметов может быть существенно больше, чем расчетная. Огни маяков и светящих знаков кроме географической имеют и оптическую дальность видимости, зависящую от силы источника света и технических данных аппаратуры. Как правило, мощность указанных источников света обеспечивает видимость огней на расстоянии, не меньшем геометрической дальности видимости маяка.

Системы деления горизонта и счет направлений в море. Истинные курсы, пеленги, курсовые углы. В эпоху парусного флота направления в море указывались в румбах. Румбом называют любое направление на плоскости истинного горизонта. Направления на N , O^{st} , S и W называют главными румбами. Главные румбы, или линии NS и OW , делят плоскость истинного горизонта на четыре четверти, а направления NO , SO , NW и SW называют четвертыми румбами (рис. 62). Направления, средние между соседними главными и четвертыми, относят к трехбуквенным: NNO , ONO , OSO , SSO , SSW , WSW , WNW и NNW . И наконец, шестнадцать промежуточных румбов состоят из названия ближайшего главного или четвертного румба, приставки

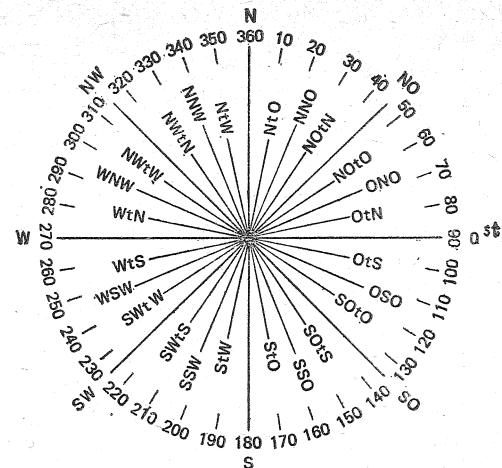


Рис. 62. Системы деления горизонта

«тэн», означающей предлог «к», и названия главного румба, в сторону которого отклонен данный промежуточный румб.

В рассмотренной системе деления истинный горизонт оказывается разбитым на 32 румба, что соответствует 360° . Поэтому румбом называют также угол, равный $\frac{1}{32}$ части окружности, т. е. составляющий $11^\circ \frac{1}{4}$. Значения румбов в градусах приводятся в табл. 41 (МТ-75).

С ростом требований к точности судовождения истинный горизонт стали делить на 360° , а счет направлений в румбах применять лишь для указания направления ветров, волнения и течения или при подаче команд в докладах о наблюдениях за обстановкой и маневрировании.

В настоящее время направления в навигации принято отсчитывать по круговой системе, т. е. от N -й части истинного меридиана по часовой стрелке — от 0 до 360° .

Яхтенному капитану (рулевому) приходится иметь дело с определением направления движения яхты и направления на различные видимые с яхты ориентиры.

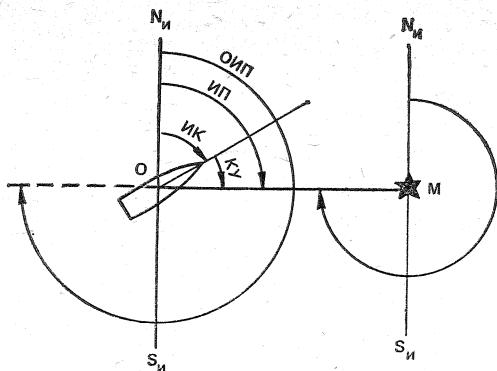


Рис. 63. Истинные направления и курсовые углы

Направление движения яхты, определяемое двугранным углом между нордовой частью плоскости истинного меридиана и диаметральной плоскостью яхты по направлению его движения, называется истинным курсом (ИК).

Направление на ориентир, определяемое двугранным углом между нордовой частью плоскости истинного меридиана и вертикальной плоскостью, проходящей через место наблюдателя и ориентир, называется истинным пеленгом (ИП). Оба эти направления отсчитываются в круговой градусной системе.

Иногда приходится иметь дело с обратными истинными пеленгами (ОИП), отличающимися от ИП на 180° :

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

Очень часто направления на видимые с яхты ориентиры в море определяются курсовыми углами. Курсовой угол (КУ) — это угол между диаметральной плоскостью яхты и направлением на данный ориентир (рис. 63). Счет курсовых углов ведется от 0° , определяемого направлением диаметральной плоскости в нос, до 180° по правому борту (пр/б) и левому (л/б).

Между ИК, ИП и КУ существует зависимость

$$\left. \begin{aligned} \text{ИП} &= \text{ИК} \pm \text{КУ} \frac{\text{пр/б}}{\text{л/б}} \\ \text{ИК} &= \text{ИП} \pm \text{КУ} \frac{\text{л/б}}{\text{пр/б}} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

Когда какой-нибудь ориентир находится под углом 90° к диаметральной плоскости, т. е. $\text{КУ} = 90^\circ$, говорят, что он находится на траверзе соответствующего борта. Истинный пеленг ориентира в момент его нахождения на траверзе ($\text{ИП} \perp$) рассчитывается по формуле:

$$\left. \begin{aligned} \text{ИП}_\perp &= \text{ИК} \pm 90^\circ \frac{\text{пр/б}}{\text{л/б}} \\ \text{ОИП}_\perp &= \text{ИП}_\perp \pm 180^\circ \frac{\text{л/б}}{\text{пр/б}} \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

Пример: ИК = 310° , КУ = 115° пр/б. Рассчитать ИП.

$$\text{Решение: ИП} = \text{ИК} + \text{КУ} \frac{\text{пр/б}}{\text{л/б}} = 310^\circ + 115^\circ = 425^\circ - 360^\circ = 65^\circ$$

Для контроля решения подобных задач рекомендуется выполнять графическое построение.

6.2. Земной магнетизм. Магнитные и компасные румбы

Элементы земного магнетизма, их изменяемость и влияние на показания магнитного компаса. В магнитном отношении Земля представляет собой огромный по величине, но слабый по силе магнит, магнитное поле которого окружает земной шар. Магнитные полюса Земли не совпадают с географическими — они находятся на расстоянии более одной тысячи миль от географических и располагаются на некоторой глубине в толщине Земли. Кроме того, они постепенно меняют свое положение.

Магнитное поле Земли в каждой его точке характеризуется величиной его напряженности T , т. е. силой, которая действует на единицу положительного магнетизма, и направлением этой

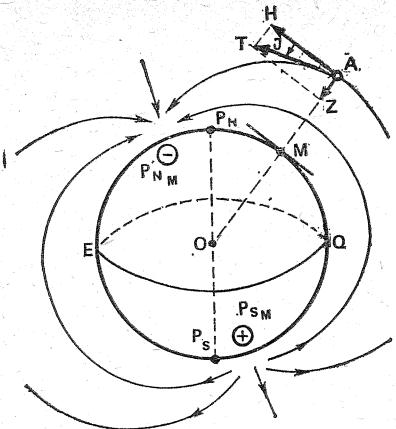


Рис. 64. Магнитное поле Земли

силы. Вектор T направлен по касательной к силовой линии (рис. 64). Разложив полную напряженность магнитного поля Земли на горизонтальную H и вертикальную Z составляющие, заметим, что горизонтальная составляющая удерживает магнитную стрелку, помещенную в поле Земли, в направлении магнитной силовой линии, а вертикальная — наклоняет стрелку.

Вертикальный угол между осью свободно подвешенной магнитной стрелки и горизонтальной плоскостью называется **магнитным наклонением** I . На магнитных полюсах наклонение максимальное и равно 90° . По мере удаления от полюсов оно уменьшается, пока не достигнет 0° .

Кривые, соединяющие на земной поверхности точки с одинаковым магнитным наклонением, называются **изоклиниами**. Нуловая изоклина, вдоль которой наклонение равно 0° , называется **магнитным экватором**.

Между составляющими земного магнетизма и магнитным наклонением существует зависимость:

$$\begin{aligned} H &= T \cdot \cos I \\ Z &= T \cdot \sin I \end{aligned} \quad (30)$$

Горизонтальная составляющая H

устанавливает магнитную стрелку в плоскости магнитного меридиана и удерживает ее в этом положении. Из формулы (30) следует, что на магнитном экваторе, где $I=0^\circ$, горизонтальная составляющая имеет максимальную величину, т. е. $H=T$, а вертикальная Z равна 0. Поэтому магнитный компас лучше работает вблизи магнитного экватора и не работает в районе магнитных полюсов.

След от сечения вертикальной плоскости, проходящей по направлению силы земного магнетизма в данной точке, с плоскостью истинного горизонта называется **магнитным меридианом** N_m-S_m . Стрелка магнитного компаса под действием сил земного магнетизма устанавливается в плоскости магнитного меридиана.

Горизонтальный угол между направлением истинного и магнитного меридианов в данной точке называется **магнитным склонением** и обозначается буквой d . Оно отсчитывается от северной части истинного меридиана N_i к востоку или западу от 0 до 180° . Если N_m отклонен к O^{st} от N_i , то склонение будет восточным, и ему приписывается знак $+$, если к W , то склонение будет западным, и ему приписывается знак $-$.

Величина магнитного склонения в разных точках земной поверхности различна. В основных районах мирового судоходства оно колеблется от 0 до 25° ; в местах, близких к магнитным полюсам, может достигать десятков градусов, а между одноименными магнитными и географическими полюсами — 180° .

Кривые линии, соединяющие на картах точки с одинаковым склонением, называются **изгонами**, а с нулевым склонением — **агонами**.

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

В ряде районов земной поверхности

имеют место резкие отклонения элементов земного магнетизма от их средних значений в окружающих точках. Например, магнитное склонение (оно в первую очередь интересует яхтенного капитана) в Финском заливе около маяка Юссарэ изменяется от $109^\circ W$ до $175^\circ Ost$, а на удалении 6—7 миль от маяка равно нескольким градусам со знаком +. Такое резкое изменение магнитного поля Земли в некоторых районах земной поверхности называется **магнитной аномалией**.

Границы магнитных аномалий на морских картах очерчены кривыми черными линиями с указанием крайних пределов изменения магнитного склонения.

Для того чтобы правильно назначить курс или проложить на карте пеленг, необходимо знать величину магнитного склонения в районе плавания. С этой целью величину и наименование магнитного склонения наносят на морские навигационные карты в нескольких местах так, чтобы, интерполируя значения между ними, можно было получить величину склонения в любой промежуточной точке.

Поскольку магнитные полюса меняют свое положение, то изменяется и магнитное склонение в большинстве районов земной поверхности. Поэтому на навигационных картах указывается также год, к которому отнесено склонение, и величина его годового изменения.

Прежде чем приступить к прокладке пути яхты, необходимо склонение на карте в районе плавания яхты привести к году плавания. Для этого к нанесенному на карте склонению прибавляют годовое изменение склонения (или вычитают из него), умноженное на разность лет между годом фактического плавания и годом, к которому относится склонение на карте.

Пример. Склонение на карте $d_1 = 5,2^\circ$ (отнесено к 1972 г.); годовое увеличение $0,07^\circ$. Определить склонение на 1982 г.

$$\text{Решение: } \Delta d = (+0,07^\circ) \cdot 10 = +0,7^\circ \\ d_2 = 5,2^\circ + 0,7^\circ = 5,9^\circ Ost$$

Магнитные курсы и пеленги. Переход от магнитных направлений к истинным, и наоборот. Различные направления относительно плоскости магнитного меридиана в общем случае называют магнитными румбами.

Угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый от нордовой части магнитного меридиана по часовой стрелке до диаметральной плоскости яхты по направлению ее движения, называется **магнитным курсом (МК)**.

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

Обратный магнитный пеленг (ОМП) отличается от МП на 180° :

$$OMP = MP \pm 180^\circ, \quad \text{или} \quad MP = OMP \pm 180^\circ$$

Магнитные курсы и пеленги отчитываются так же, как и истинные, по круговому счету от 0 до 360° . По известным магнитным направлениям и магнитному склонению в данном месте можно получить истинные направления или решить обратную задачу, т. е. вычислить магнитное направление по известным истинному направлению и склонению. На рис. 65 легко получить и выразить в виде формулы алгебраическую зависимость между магнитными и истинными направлениями:

$$\left. \begin{array}{l} IK = MK + d \\ IP = MP + d \\ OIP = OMP + d \end{array} \right\} \quad (31)$$

$$\left. \begin{array}{l} MK = IK - d \\ MP = IP - d \\ OMP = OIP - d \end{array} \right\} \quad (32)$$

Пользуясь этими формулами, мож-

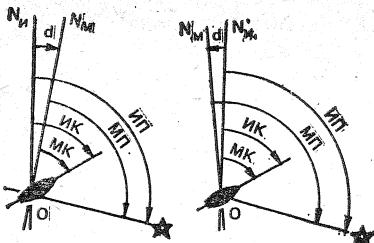


Рис. 65. Магнитные и истинные направления

но рассчитывать магнитное склонение d :

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

Зная МК и КУ (курсовой угол) ориентира, можно найти его МП:

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

Девиация магнитного компаса. Компасные курсы и пеленги. Переход от компасных направлений к истинным, и наоборот. На любом судне определение направлений осложняется тем, что стрелка магнитного компаса находится не только под действием магнитного поля Земли, но и магнитного поля судна. Установившаяся по равнодействующей обоих полей, стрелка компаса отклоняется от направления магнитного меридиана.

Вертикальная плоскость, проходящая через магнитную ось картушки компаса, установленного на судне, называется **плоскостью компасного меридiana**, а след от пересечения этой плоскости с плоскостью истинного горизонта — **компасным меридианом** и обозначается $N_k - S_k$.

Горизонтальный угол, на который плоскость компасного меридиана отклоняется от плоскости магнитного меридиана, называется **девиацией магнитного компаса** и обозначается греческой буквой «дельта» δ (рис. 66).

Девиация магнитного компаса отсчитывается от нордовой части магнитного меридиана к O^{st} или W до 180° . Если при этом северная часть компас-

ного меридиана отклонена от магнитного меридиана к востоку, то девиацию называют восточной (+), если к западу, то западной (-).

Величина девиации зависит от целого ряда факторов, и прежде всего от места установки компаса на яхте. Обычно его устанавливают в диаметральной плоскости ближе к миделю, чтобы в непосредственной близости от него не было железных масс, и особенно подвижного железа.

Все судовое железо в магнитном отношении делится на «твердое» и «мягкое». Твердое обладает значительной 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 даже при слабом изменении магнитного поля.

Девиация судового магнитного компаса меняется с изменением курса. Это объясняется тем, что при изменении курса меняется положение судового железа относительно магнитного меридиана и магнитных стрелок компаса. Мягкое судовое железо, заняв новое положение в магнитном поле Земли, перемагнитится и будет влиять на картушку магнитного компаса с иных направлений, как и твердое железо. Изменившиеся по величине и направлению силы судового магнетизма вызовут изменение девиации компаса.

По характеру возникновения девиация делится на **полукруговую**, **четвертную**, **постоянную** и **креновую**. Полукруговая, как правило, наиболее значительная; она создается твердым железом; четвертная и постоянная — мягким; креновая возникает при качке судна.

Девиация судового компаса периодически определяется и заносится в специальную таблицу, откуда ее выбирают при расчетах курсов и пеленгов. Зная величину девиации, по замеченным компасным направлениям можно

рассчитывать направления относительно магнитного меридиана.

Направления относительно компасного меридиана называются компасными румбами.

Компасным курсом (КК) называется угол в плоскости истинного горизонта, отсчитываемый по часовой стрелке от нордовой части компасного меридиана до диаметральной плоскости яхты по ходу ее движения.

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

Компасные курсы и пеленги отчитываются по круговому счету от 0 до 360°. При пеленговании ориентиров с помощью пеленгатора снимают отсчет не КП, а ОКП, отличающийся от КП на 180°.

$\text{OKP} = \text{KP} \pm 180^\circ$ или $\text{KP} = \text{OKP} \pm 180^\circ$.

Отсюда следует алгебраическая зависимость между компасными и магнитными направлениями:

$$\left. \begin{array}{l} MK = KK + \delta \\ MP = KP + \delta \\ OMMP = OKP + \delta \end{array} \right\} \quad (33)$$

$$\left. \begin{array}{l} KK = MK - \delta \\ KP = MP - \delta \\ OKP = OMMP - \delta \end{array} \right\} \quad (34)$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta = MK - KK \\ \delta = MP - KP \\ \delta = OMMP - OKP \end{array} \right\} \quad (35)$$

Зависимость между КК, КП и КУ имеет вид:

$$KP = KK \pm KY \frac{\text{пр/б}}{\text{л/б}};$$

$$KK = KP \pm KY \frac{\text{л/б}}{\text{пр/б}}.$$

И, наконец, траверзный КП рассчитывается по формулам:

$$KP_{\perp} = KK \pm 90^\circ \frac{\text{пр/б}}{\text{л/б}};$$

$$OKP = KP_{\perp} \pm 180^\circ \frac{\text{л/б}}{\text{пр/б}}.$$

Пример: $KK = 75,0^\circ$; $\delta = 5,0^\circ W$. Найти MK.

Решение: $MK = KK + \delta = 75,0^\circ + (-5,0^\circ) = 70,0^\circ$.

Поправка магнитного компаса. Поворот и исправление румбов. Для того чтобы получить истинное направление (ИК, ИП или ОИП), необходимо направление, снятое с судового магнитного компаса, исправить девиацией и магнитным склонением со своими знаками. Отсюда алгебраическая сумма девиации и магнитного склонения называется поправкой магнитного компаса ΔK (рис. 66):

$$\Delta K = \delta + d. \quad (36)$$

Тогда

$$\left. \begin{array}{l} IK = KK + \Delta K \\ IP = KP + \Delta K \\ OIP = OKP + \Delta K \end{array} \right\} \quad (37)$$

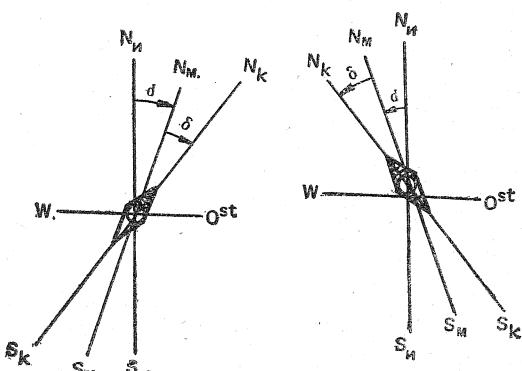


Рис. 66. Девиация магнитного компаса

Таким образом, поправка магнитного компаса геометрически представляет собой угол между плоскостью истинного и плоскостью компасного меридианов. Этот угол отсчитывается от нордовой части истинного меридиана к $O^{\text{ст}}$ или к W , а поправке компаса приписывается соответственно знак + или -.

Пример. $d = 8,0^{\circ}$ $O^{\text{ст}}$ $\delta = 5,0^{\circ} W$ Найти ΔK .

Решение: $\Delta K = d + \delta = 8,0^{\circ} + (-5,0^{\circ}) = +3,0^{\circ} = 3,0^{\circ} O^{\text{ст}}$.

Поправку магнитного компаса можно определить, если известны истинные и компасные направления:

$$\Delta K = IK - KK = IP - KP = OIP - OKP.$$

Практическая необходимость в использовании компасными и истинными направлениями выдвигает задачу перехода от одних направлений к другим, и наоборот (рис. 67).

Задачи перехода от истинных направлений к компасным называют переводом румбов, обратные задачи (от компасных к истинным) — исправлением румбов.

В практике судовождения приходится решать три разновидности за-

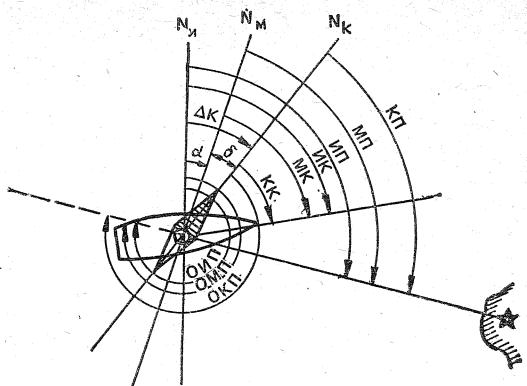


Рис. 67. Зависимость между истинными, магнитными и компасными направлениями

дач: прямые, когда компасные или магнитные румбы исправляют в истинные или компасные — в магнитные; обратные, когда заданы истинные или магнитные румбы и их нужно перевести в магнитные или компасные; вспомогательные, когда определяются склонение, девиация и поправка компаса при известных направлениях. Для наглядности сведем к указанной системе приведенные выше алгебраические формулы решения перечисленных задач:

Прямая задача
(исправление румбов)

$$\left. \begin{array}{l} IK = KK + \Delta K \\ IP = KP + \Delta K \\ IK = MK + d \\ IP = MP + d \\ MK = KK + \delta \\ MP = KP + \delta \end{array} \right\}$$

Обратная задача
(перевод румбов)

$$\left. \begin{array}{l} KK = IK - \Delta K \\ KP = IP - \Delta K \\ MK = IK - d \\ MP = IP - d \\ KK = MK - \delta \\ KP = MP - \delta \end{array} \right\}$$

Вспомогательная задача

$$\left. \begin{array}{l} \Delta K = IK - KK \\ \Delta K = IP - KP \\ d = IK - MK \\ d = IP - MP \\ \delta = MK - KK \\ \delta = MP - KP \end{array} \right\}$$

Способы определения девиации. Величина девиации определяется напряженностью магнитного поля, созданного в районе магнитного компаса магнетизмом судового железа. В связи с тем

что судовой магнетизм большинства яхт весьма незначителен, то уничтожения девиации здесь обычно не делают, а лишь периодически определяют ее значение. На яхтах с металлическими

корпусами девиационные работы выполняют в полном объеме.

В зависимости от условий применяют различные навигационные и астрономические способы определения остаточной девиации, в том числе: на девиационном полигоне, на створе, истинное направление которого может быть известно или неизвестно; по пеленгу удаленного предмета или небесного светила и способ взаимного пеленгования. Все эти способы сводятся к сравнению компасных пеленгов КП (ОКП) выбранного ориентира, наблюдаемых с помощью главного магнитного компаса на восьми главных и четвертных компасных курсах, с вычисленными значениями магнитных пеленгов МП (ОМП) того же ориентира:

$$МП = ИП - d \text{ или } ОМП = ОИП - d$$

$$d = МП - КП = ОМП - ОКП.$$

Порядок работы при определении девиации определяется главным образом оборудованием района работ.

Рассмотрим основные способы и последовательность выполнения работ:

I. По пеленгам створов, направление которых известно.

1. Ложатся на выбранный КК так, чтобы до пересечения створа яхта удерживалась на курсе 1—2 мин. Это необходимо для стабилизации магнитного состояния яхты и преодоления инерции картушки магнитного компаса.

2. Устанавливают нить предметной мишени на задний створный знак и удерживают на нем до прихода на линию створа с передним знаком. В момент, когда знаки состырятся, снимают отсчет компасного пеленга (ОКП).

3. Повторяют указанные действия на каждом из восьми главных и четвертых компасных курсах.

При наличии веера створов целесообразно на каждом курсе определять девиацию при пересечении нескольких створов и действительное значение ее

рассчитывать как среднее из наблюденных на курсе девиаций.

$$\delta_i = ОМП_i - ОКП_i; \quad \bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n}.$$

4. Рассчитывают наблюденную девиацию на восьми главных и четвертных КК.

II. По пеленгам створа, направление которого неизвестно.

Имея на берегу на удалении не более 2 миль хорошо видимый и достаточно чувствительный створ двух ориентиров с разносом знаков не менее 1 мили, ложатся последовательно на восемь главных и четвертных КК и на каждом из них берут КП выбранного створа. Затем с достаточной степенью точности рассчитывают МП створа как среднее арифметическое из 8 КП:

$$МП = \frac{\sum_{i=1}^8 КП_i}{8} \text{ или}$$

$$ОМП = \frac{\sum_{i=1}^8 ОКП_i}{8}.$$

Дальнейший порядок работы по указанной схеме.

Для контроля правильности расчетов МП створа находят алгебраическую сумму всех девиаций, наблюденных на восьми КК. Если эта сумма не превышает $\pm 1,0^\circ$, то расчет верен. В противном случае МП рассчитывают заново.

III. По пеленгам удаленного предмета.

Иногда необходимо определить девиацию при наличии только одного видимого ориентира. Для этого на выбранном для маневрирования месте бросают буйк с якорем и определяют ОКП этого ориентира на восьми КК в момент прохождения около буйка. Затем рассчитывают МП ориентира и девиацию, как мы уже говорили.

Этим способом можно определять девиацию и по наблюдению звезд без выставления буйка.

IV. Способ взаимного пеленгования. Для определения девиации по взаимным пеленгам двух компасов один из них устанавливают на берегу на специальной треноге вдали от железных масс. Суть способа заключается в одновременном взаимном пеленговании друг друга береговым и судовым (яхтенным) компасами, при этом пеленги будут отличаться на угол $\beta = (180^\circ + \delta)$, так как с берегового компаса штурман получит МП, а с судового (яхтенного) — ОКП. Переводя МП в ОМП и сравнивая последний с ОКП, получают величину и знак наблюдаемой на данном курсе девиации.

Для получения девиации на восьми КК яхта должна либо соответствующим образом маневрировать на небольшом удалении от берега, обеспечивающим взаимную видимость пеленгуемых берегового и судового компасов, либо, находясь на швартовых (бочке, якоре), разворачиваться с помощью последних или других средств последовательно на заданные восемь КК. Рекомендуется на каждом галсе брать не менее трех пар взаимных пеленгов для получения среднего значения девиации.

Таблица и график девиации. Получив одним из указанных способов значения девиации на восьми главных и четвертных КК, можно путем графической интерполяции либо аналитически

Таблица 3

Наблюденная девиация				Суммы и разности наблюдаемых девиаций на противоположных курсах			
КК	δ	КК	δ	суммы		разности	
				величина	условное обозначение	величина	условное обозначение
<i>N</i>	$-0,2^\circ$	<i>S</i>	$+1,7^\circ$	$+1,5^\circ$	<i>a</i>	$-1,9^\circ$	<i>e</i>
<i>NO</i>	$-1,0$	<i>SW</i>	$+2,9$	$+1,9$	<i>b</i>	$-3,9$	<i>f</i>
<i>Ost</i>	$-1,3$	<i>W</i>	$+2,3$	$+1,0$	<i>c</i>	$-3,6$	<i>g</i>
<i>SO</i>	$-0,4$	<i>NW</i>	$+0,9$	$+0,5$	<i>d</i>	$-1,3$	<i>h</i>

$$A = \frac{1}{8} (a + b + c + d)$$

$$E = \frac{1}{4} (a - c)$$

$$D = \frac{1}{4} (b - d)$$

$$B = \frac{1}{4} [g + 0,7(f + h)]$$

$$C = \frac{1}{4} [e + 0,7(f - h)]$$

(41)

$$A = \frac{1}{8} (1,5^\circ + 1,9^\circ + 1,0^\circ + 0,5^\circ) = 0,61^\circ$$

$$E = \frac{1}{4} (1,5^\circ - 1,0^\circ) = 0,12^\circ$$

$$D = \frac{1}{4} (1,9^\circ - 0,5^\circ) = 0,35^\circ$$

$$B = \frac{1}{4} [-3,6^\circ + 0,7(-3,9^\circ - 1,3^\circ)] = -1,81^\circ$$

$$C = \frac{1}{4} [(-1,9^\circ + 0,7(-3,9^\circ + 1,3^\circ))] = -0,93^\circ$$

рассчитать девиацию на любое число курсов. Графический метод не гарантирует от больших ошибок. Для аналитического расчета заполняют табл. 3 и вычисляют значения коэффициентов A , B , C , D и E девиации по формулам (41), а по ним — и саму девиацию на заданное число курсов по схеме (см. приложение 3, а).

В приложении 3, а дан пример вычисления девиации по исходным данным схемы I и коэффициентам (A , B , C , D , E) на 24 равноотстоящих курса, т. е. через каждые 15° . По результатам вычислений заполняют таблицу и вычерчивают график девиации (см. приложение 3, б). Значение девиации промежуточных курсов находят простой интерполяцией.

6.3. Штурманское снабжение крейсерских яхт

Современные крейсерские яхты должны быть снабжены штурманскими приборами и инструментом, необходимым для навигационного обеспечения дальних морских плаваний в различных метеорологических условиях. В комплект штурманского имущества входит следующее:

- компасы;
- приборы для измерения скорости и пройденного расстояния;
- часы;
- секундомеры;
- приборы и инструменты для измерения глубины под килем;
- секстаны;
- радиопеленгатор или транзисторный приемник с направленной антенной для радиопеленгования и приема сигналов точного времени;
- бинокль;
- прокладочный инструмент;
- гидрометеоприборы (см. гл. 8);
- пиротехника;
- туманный горн.

Магнитный компас, его устройство и установка на яхте. Пользование компасом и уход за ним.

На спортивных парусных судах устанавливаются магнитные компасы, которые по своему назначению делят на главные и путевые.

Главный компас является основным прибором, служащим для непрерывного указания курса и пеленгования в целях определения своего места в море. Его устанавливают в диаметральной плоскости яхты, в наиболее открытой части палубы, обеспечивающей хороший круговой обзор и удобство работы.

Путевой компас устанавливают перед рулевым, который ведет яхту по заданному курсу.

В зависимости от классов на яхтах в качестве главных и путевых компасов используют 127, 100 и 75 мм магнитные компасы.

Основными деталями 127 и 100 мм магнитных компасов являются котелок с картушкой, пеленгатор, нактоуз и девиационный прибор, служащий для компенсации влияния судового железа на его показания. На яхтах, как правило, компасы устанавливают без нактоузов и девиационных приборов на пру-

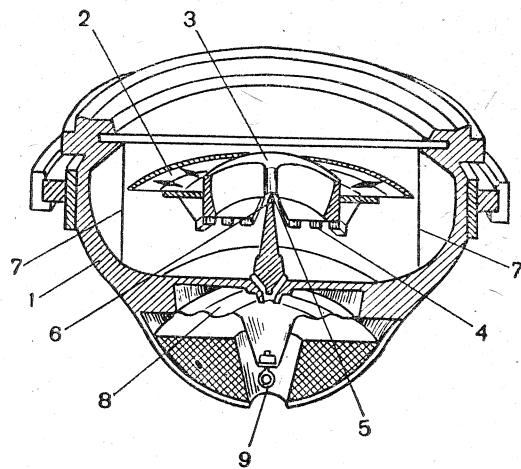


Рис. 68. Разрез котелка магнитного компаса:
1 — корпус; 2 — картушка; 3 — поплавок; 4 — стрелки;
5 — топка; 6 — шпилька; 7 — курсовые нити; 8 —
диафрагма; 9 — пробка

жинных подвесах, закрепленных в латунной шейке компаса или на кронштейне.

Главной частью котелка (рис. 68) является картушка (2), магнитная система которой состоит из шести **магнитных стрелок** (4), находящихся в латунных пеналах, припаянных к донной части пустотелого поплавка (3) и расположенных симметрично линии 0—180° картушки. К поплавку крепится латунный ободок, к которому прикреплен диск из слюды с наклеенным на него бумажным диском, разделенным на 360°.

В центре поплавка находится сапфировая или агатовая чашечка — **топка** (5), опирающаяся на острие **шпильки** (6), укрепленной в корпусе котелка. Латунный корпус котелка разделен на две камеры — основную (верхнюю) и дополнительную (нижнюю). Дном дополнительной камеры является латунная диафрагма (8), в которую вставлена центральная втулка с герметически завинчивающейся пробкой (9). Через втулку с помощью специальной отвертки можно заменить шпильку.

Котелок залит раствором спирта, в котором благодаря поплавку, уменьшающему вес картушки до $4 \pm 0,5$ грамма, трение о шпильку значительно уменьшается. У внутренних стенок корпуса котелка укреплены носовая и кормовая курсовые нити (7). Вертикальная плоскость, проходящая через курсовые нити, является продольной плоскостью котелка. Эта плоскость должна совпадать с диаметральной плоскостью яхты. Кроме того, носовая нить является индексом для отсчета курса яхты.

К корпусу котелка снизу крепится чашка со свинцовым грузом. В чашке имеется гнездо для патрона с электрической лампочкой, служащей для подсветки картушки компаса. Центр тяжести картушки со стрелками расположен ниже точки опоры, поэтому стрелки всегда находятся в горизон-

тальном положении, испытывая полное влияние силы *H* земного магнетизма.

Сверху котелок герметически закрывается толстым стеклом, которое прижимается к нему азимутальным кольцом для отсчета курсовых углов, имеющим деления от 0 до 360°.

На любом курсе яхты стрелки и линия *N*—*S* картушки остаются в плоскости компасного меридиана. Котелок находится в кардановом устройстве, обеспечивающем его равновесное положение.

Для определения пеленгов и курсовых углов используют пеленгаторы (обыкновенные или оптические). На основании пеленгатора установлены глазная и предметная мишени, а в центре — съемная чашка для дефлектора. Вертикальная плоскость, проходящая через прорезь глазной и нить предметной мишени и центра пеленгатора, называется **визирной плоскостью**.

Главные компасы на крейсерских яхтах чаще всего устанавливают на капе входного люка, где шейка компаса с пружинным подвесом крепится стационарно с учетом специальных требований. Путевые компасы обычно бывают съемными и устанавливаются в случае надобности в кокпите перед рулевым.

При определении направлений на ориентиры следует помнить, что снимаемый пеленгатором отсчет является **обратным компасным пеленгом**.

При определении курсового угла с использованием пеленгатора отсчет снимают с азимутального кольца котелка компаса против индекса пеленгатора, находящегося слева от глазной мишени.

Азимутальное кольцо и пеленгатор периодически протирают и смазывают вазелином. Котелок компаса устанавливается в подвесе так, чтобы 0° азимутального кольца был обращен к носу, а 180° — к корме.

По окончании навигации котелки магнитных компасов вынимают на зимнее хранение, контрольную проверку и

(в случае необходимости) на ремонт.

При появлении в верхней камере котелка воздушного пузырька котелок вынимают из пружинного подвеса, переворачивают вверх дном и плавно покачивают, чтобы пузырек перешел в дополнительную камеру. Если таким образом воздушный пузырек удалить не удается, в котелок доливают компасную жидкость.

При обнаружении застоя картушки необходимо заменить шпильку. Для этого котелок вынимают из подвеса, ставят вверх дном, снимают чашку с грузом и вывинчивают пробку диафрагмы. Затем специальной отверткой из комплекта компаса вращением против часовой стрелки вывинчивают шпильку. Если после замены шпильки застой картушки сохранится, котелок нужно сдать в ремонт.

Измерение пройденного расстояния и скорости яхты. Скорость яхты — производная величина пути по времени. Эти три параметра — величины взаимозависимые. Зная две из них, нетрудно вычислить третью. Так, при известных координатах судна в определенные моменты времени можно, сняв с карты пройденное расстояние между этими моментами, рассчитать скорость судна в узлах по формуле:

$$v = \frac{60 S}{\Delta t}, \quad (42)$$

где S — расстояние между известными координатами судна, мили;

Δt — промежуток времени между моментами определения координат, мин.

Для того чтобы систематически контролировать положение судна и определять его скорость, на некоторых яхтах используют вертушечные электронно-механические и гидродинамические лаги. Датчиком лага первого типа служит вращающаяся в набегающем потоке воды крыльчатка (вертушка), на оси которой закреплен постоянный магнит, вызывающий периодическое

замыкание электрического контакта с частотой, равной частоте вращения крыльчатки. Шаг крыльчатки рассчитан таким образом, чтобы она делала заданное число оборотов за одну милю пройденного расстояния. Для определения скорости крыльчатку выдвигают за борт яхты.

Такой лаг может быть изготовлен самостоятельно. Один из вариантов, приведенный в сборнике «Катера и яхты» № 2 (72) за 1978 г., обеспечивает измерение скорости от 0,5 до 10 узлов с погрешностью порядка 5%, при этом напряжение питания используется от 8 до 14 В, а потребляемый ток — около 100 мА.

Гидродинамические лаги измеряют скорость судна, преобразуя ее в пройденное расстояние. Принцип работы этих лагов основан на измерении разности динамического и статического давлений воды, зависящих от скорости судна. Такие лаги обладают большой чувствительностью, точностью и надежностью.

Как и всякие приборы, все лаги имеют некоторые погрешности. Поэтому для получения действительного расстояния, пройденного судном, необходимо расстояние, измеренное лагом, исправить соответствующей поправкой. Поправка лага — Δl выражается в процентах. Она положительна, если лаг показывает расстояние меньше фактического, и отрицательна — если больше фактического. Исправления расстояний производят с помощью таблиц 28 (МТ-63) или логарифмической линейки.

Формула поправки лага имеет вид:

$$\Delta l = \frac{S - (ol_2 - ol_1)}{ol_2 - ol_1} \cdot 100 \text{ или}$$
$$\Delta l = \frac{v - v_{\text{л}}^1}{v_{\text{л}}^1} \cdot 100, \quad (43)$$

где S — действительное плавание судна относительно дна;

$(ol_2 - ol_1)$ — разность отсчетов лага

(рол), замеченная по счетчику лага в моменты t_1 и t_2 ; рол = ол₂ — ол₁;

v и $v'_л$ — истинная скорость судна и скорость судна по лагу (рол за 1 час плавания).

Часто поправку лага выражают через коэффициент лага k_l , который вычисляется с точностью до 0,01 по формуле:

$$k_l = \frac{S}{\text{рол}} \quad \text{или} \quad k_l = \frac{v}{v'_л}. \quad (44)$$

При отсутствии на яхте лага определить ее скорость можно, одновременно измеряя время и расстояние (базу). Для этого нужно изготовить прибор в виде секторного лага, устройство которого показано на рис. 69. Отличается он от секторного лага тем, что вместо узлов на лаглине имеет только одну цветную марку на расстоянии 20 м от сектора.

Для того чтобы измерить скорость, сектор опускают за борт и при прохождении кормового среза пускают секундомер. Останавливают секундомер, когда через этот же срез пройдет цветная марка. Скорость яхты на галсе вычисляется по формуле:

$$v = \frac{S}{t} \text{ м/с или } v \approx 2 \frac{S}{t} \text{ уз} = \\ = \frac{40}{t} \text{ уз}, \quad (45)$$

где S — длина базы, т. е. стравленного до марки лаглина, равная 20 м, t — время прохождения базы в 1 сек.

Вместо такого прибора можно использовать заполненную до половины бутылку с лаглином, закрепленным на горлышке.

По этой формуле на каждой яхте должна быть рассчитана таблица или номограмма для определения скорости судна по известной базе. Аргументом для входа в таблицу (номограмму) является время t прохождения базы в секундах и величина базы, если лаглин

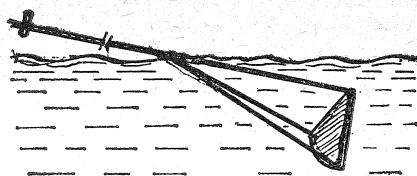


Рис. 69. Секторный лаг

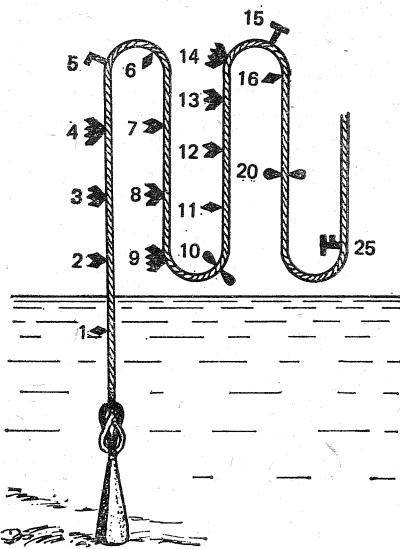


Рис. 70. Ручной лот

имеет несколько разбивок базы (например, 20, 30 и 40 м).

Иногда измеряют скорость с помощью так называемого голландского лага. В этом случае базой является длина яхты, а для измерения времени t секундомер запускают и останавливают при прохождении форштевня и кормы мимо сброшенного на воду небольшого предмета (чурки и т. п.).

В целях уменьшения случайных ошибок измерение обычно повторяют несколько раз (не менее трех). Вычисление производят аналогично по формуле (45), предварительно измерив длину яхты и рассчитав проходимую за время t базу S .

При плавании в видимости берего-

вых ориентиров скорость яхты измеряют по навигационным обсервациям и вычисляют по формуле (42). При недостатке ориентиров для обсерваций с достаточной точностью оценивают скорость яхты при плавании на одном курсе между траверзами двух ориентиров, нанесенных на карту.

Переход от одних единиц скорости к другим производят по таблицам 37 (МТ-63).

Приборы для измерения глубин. Для измерения глубин применяют лоты. Они бывают гидроакустические (эхолоты) и ручные.

Работа эхолота основана на пьезоэлектрическом эффекте. Эхолот имеет вибратор-излучатель и вибратор-приемник. Первый излучает под водой механические колебания в виде коротких ультразвуковых импульсов, которые доходят до дна, отражаются от него и принимаются вибратором-приемником. По известному промежутку времени между посылкой и приемом отраженного от дна импульса и скорости распространения звука в воде автоматически вычисляется и указывается на шкале эхолота глубина под килем. Многие эхолоты имеют самописцы, ведущие запись глубины во времени.

Ручной лот применяют для измерения малых глубин при скорости хода до 5 узлов или при стоянке на якоре для определения дрейфа. Он позволяет определить характер грунта.

Ручной лот (см. рис. 70) состоит из свинцовой или чугунной гиры (3—4 кг) и пенькового бельного линя (диаметром 1 мм) кабельной работы — лотлиния, на котором гири опускается в воду. Гири в виде конуса или пирамиды (высотой 15—20 см и диаметром у основания 5—7 см) имеет вверху проушину, в которую продевается общая кожей стропка из стального троса. В нее ввязывается огонь лотлиния. В основании гири имеется лунка с попечным сечением в виде ласточкина хвоста, куда вмазывается смесь сала с

толченым мелом, к которой пристают частицы грунта. Длина лотлиния — 25 м.

При плавании в районах с глубинами менее 4 м для определения глубины на яхтах часто пользуются футштоком.

6.4. Счисление пути яхты в различных условиях плавания

Графическое счисление. Для обеспечения безаварийного плавания необходимо вести непрерывный учет движения яхты. Это позволяет постоянно знать свое место в море, ориентироваться в окружающей обстановке, судить о безопасности плавания и правильно выбирать курсы на переходе.

Учет движения яхты в плавании осуществляют по элементам ее перемещения — истинному курсу и проходимому по курсу расстоянию, т. е. ведут **счисление пути**. Счисление может быть **графическим** и **аналитическим** или **письменным**.

Графическое счисление — основной способ. Он состоит в нанесении на карту линии перемещения яхты по ее курсу и откладывании на ней проходимого яхтой расстояния — прокладка пути. Прокладка, выполняемая при подготовке к походу, называется **предварительной**, а ведущаяся в плавании — **исполнительной**.

Предварительная прокладка включает изучение карт и пособий по маршруту перехода, тщательный анализ всех условий предстоящего плавания, выбор оптимального пути к точке назначения, а также графическую прокладку его на карте.

На карту наносят генеральные курсы перехода и, при необходимости, границы лавировки, рассчитывают ориентировочное время поворотов, проходов узкостей, опасных в навигационном отношении районов, маяков и ориентиров. При выборе пути учитывают ожидаемые ветер и видимость, навигационную обстановку и режим движения судов в районе плавания, возможности

определения своего места в море, места якорных стоянок и возможные места укрытия от шторма.

Основные данные и расчеты при подготовке предварительной прокладки сводят в соответствующие таблицы:

1. Список карт на переход

№ п/п	Номера карт		Назначение карт	Масштаб	Год издания	Сведения о корректуре
	адмиралтейские	судовые				

2. Список пособий

№ п/п	Наименование пособий	Год издания	Сведения о корректуре	

3. Таблица курсов плавания и времени

№ п/п	ИК	Плавание (S) в время (t)		Точка поворота (буй, веха, створ, поворотный пеленг и т. д.)	Примечание
		по данному курсу	от исходной точки		
			S t		

Примечание. Время рассчитывают на основе средней скорости яхты, а время выхода определяют из расчета прохождения сложных участков в светлое время суток.

4. Сведения об ориентирах

Название ориентира	Дальность видимости	Характеристика огня	Расчетное время открытия траверза	Расчетное траверзное расстояние

5. Сведения о радиомаяках

Название радиомаяка	Позывной сигнал	Волна М, кГц	Расписание работы		Дальность действия
			ясно	туман	

Кроме того, составляют перечень пунктов укрытия и дают их характеристику, выбирают данные о темном и светлом времени суток, о течениях, узнают прогноз погоды и другие сведения, состав которых определяется конкретными условиями предстоящего плавания.

На участках генерального курса карандашом наносят значения приведенного к году плавания магнитного склонения через каждые $0,5^{\circ}$. Проложенные истинные курсы переводят в компасные, значения которых надписывают над каждым из них. Рядом с компасным курсом в скобках пишут поправку компаса ΔK и плавание по курсу в милях.

Счисление пути при плавании без учета дрейфа и течения. Для обеспечения движения судна по намеченному предварительной прокладкой пути и контролю за ним сразу после выхода из гавани (узкости, канала и т. п.) и на всем переходе морем необходимо вести исполнительную прокладку. Она заключается в систематическом нанесении на карту положения яхты по направлению ее движения и пройденному расстоянию на основе показаний компаса и лага, а при отсутствии лага — по времени и скорости, измеренной одним из описанных способов.

При выходе в море счисление обычно начинают вести от приемного буя или другого достоверного места, от которого ложатся на первый генеральный курс предварительной прокладки. На карте прокладывают только линию ИК, над которой надписывают курс по компасу с указанием в скобках знака и величины общей поправки компаса ΔK . Например: КК $48^{\circ} (-6,0^{\circ})$. У исходной точки счисления на карте, от которой проведена линия ИК, делают надпись в виде дроби: в числитеце указывают время t , в часах и минутах, а в знаменателе отсчет лага ($ол_1$). В отсутствие лага знака дроби не ставят. Соответствующую запись делают в судовом журнале.

Для нахождения координат яхты на любой момент времени откладывают от исходной точки по линии ИК расстояние S , рассчитанное по лагу: $S = (ол_2 - ол_1) \cdot k_l$ или по времени и скорости: $S = (t_2 - t_1) \cdot V$,

где o_1 , o_2 — отсчеты лага в моменты

t_1 и t_2 ;

k_l — коэффициент лага;

V — скорость яхты за период $(t_2 - t_1)$.

Полученную таким образом точку на момент t_2 называют **счислимым местом**, обозначают ее на линии ИК перпендикулярной к ней черточкой и делают надпись аналогично исходной точке. В судовом журнале координаты счислимого места обозначают φ_{sc} и λ_{sc} .

Счислимые места определяют и наносят на карту каждый раз при изменении курса, проходе траверзов ориентиров, открытии маяков и их огней, каждые кратные четыре часа плавания, при резком ухудшении видимости и в особых случаях. Одновременно делают запись в судовом журнале.

При ведении навигационной прокладки обозначения на картах должны соответствовать обозначениям, приведенным в «Наставлении по организации штурманской службы на судах морского флота» (см. приложение 3, в).

Рулевой имеет дело только с компасным курсом, а на карте прокладывают только истинный. При заданном ИК необходимо предварительно перевести его в КК и после этого задать рулевому. И наоборот, чтобы проложить на карте линию курса, по которому правит рулевой, необходимо предварительно исправить КК общей поправкой и получить ИК.

Нанесение места судна на карту в момент траверза ориентира. Место на карте следует отметить в точке пересечения траверзного пеленга (ИП₁) с линией ИК. Рассчитывают время прихода судна в эту точку по скорости и расстоянию от предыдущего счислимого или обсервованного места. При наличии на судне лага предвычисляют его отсчет на момент траверза ориентира с учетом его поправки.

Расчет момента открытия или скрытия огня. Для решения этой задачи из точки нахождения заданного огня на карте раствором циркуля, равным дальности видимости огня с учетом высоты глаза наблюдателя, делают засечки на линии ИК. Далее предвычисляют момент времени аналогично расчету в предыдущей задаче.

В реальных условиях морского плавания возможны три основных варианта, определяющих соответствующие практические приемы счисления пути яхты:

- 1) плавание в условиях устойчивого полного ветра;
- 2) плавание в условиях устойчивого противного ветра;
- 3) плавание при неустойчивом по силе и направлению ветре.

В первом случае яхту ведут обычно по линии пути, проложенного при предварительной прокладке. Условия счисления здесь благоприятные.

Во втором случае выполняют лавировку относительно генерального курса, при этом прокладываемый фактический путь на каждом галсе не совпадает с предварительной прокладкой. Если лавировочный галс не слишком крутой, то рулевой точно выдерживает заданный курс, что упрощает счисление и повышает его точность. В таких условиях продолжительность галсов зависит от угла лавировки (угол между генеральным курсом и путем яхты). При равенстве углов правого и левого галсов их продолжительность одинакова, а лавировка может быть симметричной.

При лавировке особое внимание обращают на направление ветра. Если ветер начинает заходить по часовой стрелке, то при угле лавировки не более 45° — 50° выгоднее идти правым галсом, и наоборот. Если ветер заходит настолько, что яхта начинает терять ход на заданном курсе, докладывают капитану и с его разрешения изменяют курс.

Счисление и прокладку пути в этом случае выполняют на каждом частном лавировочном галсе по данным приборов. Если лага нет, скорость рекомендуется оценивать на каждом галсе.

При лавировке может случиться, что рулевой по указанию капитана яхты, выбирайсь на ветер, не обращает внимания на компас. Этот случай является переходным между 2-м и 3-м вариантами. Здесь через небольшие, но равные промежутки времени (15—30 мин.) определяют и записывают средний КК и соответствующий ему ИК, по которому откладывают данные, полученные по лагу или скорости.

При неустойчивом ветре курс рулевому не задают, а ставят задачу пра- вить по парусу в поисках ветра, при- держиваясь по возможности ближе к генеральному курсу. Иногда в такой ситуации в зависимости от местных признаков и прогноза погоды бывает выгодно уклониться от генерального курса, чтобы скорее получить полный устойчивый ветер (например, бриз под берегом).

Во всех этих случаях в интересах счисления пути на яхте фиксируют все повороты и на каждом галсе (в нача- ле и конце галса обязательно) с опре- деленной периодичностью (1—2 раза в час, в зависимости от условий) за- писывают данные о движении судна (время, курс, скорость, отсчет лага). Эти записи обрабатывают, усредняя курс и скорость каждого галса, а за- тем прокладывают на карте.

Практика показывает, что точность счисления в таких условиях повышается с увеличением дискретности наблюдений. Ошибки аппроксимации криволинейных участков плавания пря- молинейными будут незначительны по сравнению с другими ошибками. Если плавание происходит вдали от навигационных опасностей, то рекомендуется вести таблицу счисления пути (см. табл. 4), на основании которой

по усредненным данным периодически выполнять прокладку пути.

Таблица 4
Таблица счисления пути

Судовое время	Наблюдаемые данные		Усредненные значения			
	КК	ν	КК	ИК	S' на курсе	S суммарное

Точное счисление пути и его контро- ль являются одной из главнейших связанныстей капитана и его помощ- ников.

Счисление яхты с учетом дрейфа. При наличии дрейфа яхта движется не по линии курса, а сносится под ве- тер. Величина дрейфа определяется силой ветра, его курсовым углом, ско- ростью судна, отношением площадей парусности и подводной его части, си- лой ветрового волнения и рысканьем на курсе.

Угол между линией истинного курса яхты и направлением ее движения относительно воды называется углом дрейфа α . У спортивных судов при благоприятных условиях угол дрейфа на курсе бейдевинд составляет 5—10° (рис. 71). Направление фактического

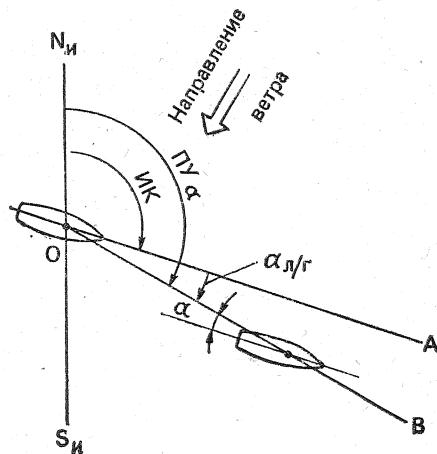


Рис. 71. Дрейф яхты

перемещения яхты называется линией пути при дрейфе, а ее положение определяется путевым углом при дрейфе — ПУ_α. Очевидно, что ПУ_α равен истинному курсу яхты, увеличенному или уменьшенному на угол дрейфа α .

Так как углы отсчитывают по часовой стрелке, то на левом галсе, когда линия пути смещается вправо от диаметральной плоскости, α приписывают знак +, т. е. дрейф надо прибавлять к ИК, а на правом галсе, когда линия пути смещается влево, α приписываются знак — и вычитают его из ИК. Таким образом, имеем зависимость:

$$\text{ПУ}_\alpha = \text{ИК} + (\pm \alpha). \quad (46)$$

Чем полнее курс, тем меньше угол дрейфа. Так, на курсе фордевинд $\alpha=0^\circ$. Практически на курсе бакштаг им также пренебрегают.

Наибольшее значение дрейф достигает на курсе бейдевинд, особенно при малой скорости и значительной волне. В таких условиях яхта получает дрейф до $20-25^\circ$.

При ведении счисления дрейф должен учитываться, а для этого необходимо знать его величину.

Наличие дрейфа опытный рулевой легко обнаруживает, например, наблюдая за положением какого-либо ориентира по корме яхты при плавании на постоянном курсе. Если этот ориентир «уходит» на ветер от линии диаметральной плоскости яхты, то судно имеет дрейф. Опытные яхтсмены определяют величину дрейфа своей яхты на глаз.

Имеется ряд способов определения величины дрейфа. Приближенно можно измерить угол дрейфа, измеряя угол между кильватерной струей и диаметральной плоскостью судна. Иногда для измерения дрейфа пользуются стравленным с кормы лаглином. В этом случае измеряют угол между направлением лаглина и диаметральной плоскостью судна.

Угол дрейфа может быть определен

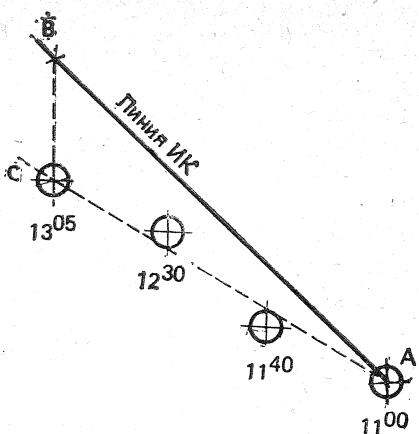


Рис. 72. Навигационный метод определения угла дрейфа и элементов течения

при пеленговании сброшенного с коры предмета (горящей пакли, вешки и т. п.). Среднее значение серии взятых на плавающий предмет пеленгов КП_{ср}, исправленное поправкой компаса, будет диаметрально противоположно направлению фактического перемещения судна. Получим:

$$\begin{aligned} \text{ПУ}_\alpha &= (\text{КП}_{\text{ср}} + \Delta K) \pm 180^\circ, \\ \alpha &= \text{ПУ}_\alpha - \text{ИК}. \end{aligned} \quad (47)$$

Наиболее надежным является способ сравнения истинного курса с линией пути судна, полученного по серии навигационных обсерваций (рис. 72) при плавании в видимости береговых ориентиров. Проведя прямую линию через обсервованные точки, получают линию действительного пути судна и ПУ_α; его сравнивают с ИК и вычисляют α . Удобен способ определения угла дрейфа при плавании по створу.

Полученный одним из способов угол дрейфа учитывают с его знаком в дальнейшем счислении, но при этом продолжают непрерывно уточнять его и при изменениях дрейфа вводить соответствующие корректуры.

При плавании с дрейфом на карту наносят линию пути судна при дрейфе

и по этой линии откладывают пройденное расстояние. Над линией пути надписывают принятый к учету угол дрейфа со своим знаком.

Счисление пути с учетом сноса течением. Течения характеризуются направлением в градусах по круговому счету и скоростью в узлах. В отличие от ветра направление течения принимают «из компаса», т. е. в ту сторону горизонта, куда оно направлено.

Снос течением не учитывается относительными лагами, поэтому его нужно учитывать при прокладке. Зная его направление и скорость, можно решить две основные задачи:

1. Куда придет судно, если при данном течении рулевой будет править заданным курсом (прямая задача).

2. Какой нужно держать курс, чтобы, несмотря на течение, попасть в нужную точку (обратная задача).

Сведения о течениях можно найти на морских картах, в лоциях и в атласах течений. В них даются средние значения данных, которые могут значительно отличаться от действительных. Последние можно определить из наблюдений навигационных ориентиров при плавании в видимости берегов. С этой целью получают и наносят на карту серию обсерваций за период не менее двух часов. Через обсервованные точки проводят оптимальную прямую линию АС (см. рис. 72) таким образом, чтобы суммы уклонений обсерваций по обе стороны от нее были равны, а от первой обсервации проводят линию ИК. Соединяют отрезком прямой ВС обсервованную и счислимую точки, соответствующие моменту последнего определения местоположения судна. Тогда направление течения покажет отрезок ВС от счислимой точки к обсервованной, а скорость его выразится длиной отрезка ВС (в милях), отнесенной к единице времени (в часах). Например, если $BC = 2,4$ мили и время плавания между точками А и В равно 2 часам, то

$$\text{скорость течения } V_t = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ уз.}$$

Таким образом, истинная скорость судна относительно грунта может быть получена графическим построением как равнодействующая двух скоростей: скорости судна относительно воды V_l (эта скорость учитывается лагами) и скорости течения V_t . Линия, по которой перемещается судно в направлении вектора истинной скорости, называется линией пути судна на течении. При этом диаметральная плоскость судна остается параллельной линии ИК, а угол между линиями пути и ИК называется углом сноса течением β .

Угол между истинным меридианом и направлением линии пути называется путевым углом на течении $P\Upsilon_\beta$.

Если течение направлено в левый борт, снос судна происходит вправо и угол сноса β имеет знак +, если течение направлено в правый борт, то снос — влево, а угол сноса β отрицателен. Запишем очевидную зависимость:

$$P\Upsilon_\beta = IK + (\pm \beta). \quad (48)$$

При ведении прокладки на карту наносят линию пути судна на течении, над которой надписывают КК, поправку компаса и угол сноса β со своим знаком. Пройденное по лагу расстояние (или по времени и скорости, измеренной относительно воды одним из способов) откладывают по линии ИК, проведенной тонкой чертой. Счислимые точки с линии ИК переносят по направлению течения на линию пути судна и над ними надписывают соответствующее время.

При решении прямой задачи необходимо по известным КК, скорости по лагу V_l (относительно воды) и параметрам течения найти угол сноса β , $P\Upsilon_\beta$ и истинную скорость судна. Для решения этой задачи сначала вычисляют $IK = KK + \Delta K$, затем строят на карте треугольник скоростей (рис. 73),

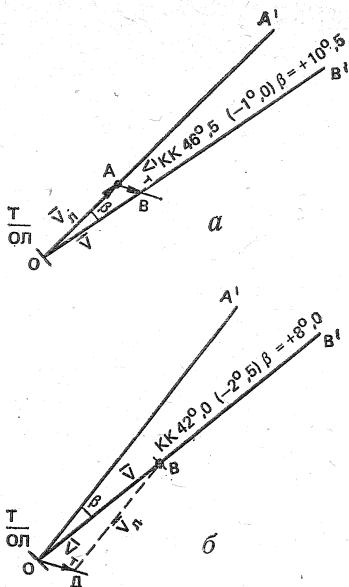


Рис. 73. Путь (а) и истинный курс яхты (б) на течении

т. е. выполняют графическое сложение (в едином масштабе) двух известных векторов \bar{V}_l и \bar{V}_t , и получают вектор истинной скорости судна \bar{V} . Построение начинают с прокладки от начальной точки O линии ИК; по ней откладывают в условном масштабе вектор скорости судна \bar{V}_l , из конца которого в том же масштабе прокладывают вектор скорости течения \bar{V}_t . Затем для нахождения вектора, равнодействующего двум слагаемым векторам, соединяют начальную точку O с концом вектора \bar{V}_t (точка В). В результате получают вектор истинной скорости судна \bar{V} (абсолютная величина в том же масштабе, что \bar{V}_l и \bar{V}_t), линию пути судна на течении, ПУ_β и угол сноса β , снимаемые с карты с помощью прокладочных инструментов.

Суть обратной задачи заключается в определении КК, V и угла сноса β при известных ПУ_β, лаговой скорости судна относительно воды V_l и вектора течения \bar{V}_t .

Задача решается графически. Из начальной точки (рис. 73) прокладывают линию пути судна и вектор скорости течения \bar{V}_t (в условном масштабе). Затем из конца вектора \bar{V}_t раствором циркуля, равным величине V_l в том же масштабе, делают засечку на линии пути (точка В). Соединив полученную на линии пути точку с концом вектора течения, получают линию ИК, которую параллельно переносят в начальную точку O и проводят линию ИК судна. Измерив транспортиром значение ИК, проведенного на карте, переводят его в КК.

Угол сноса β определяют из соотношения $\beta = \text{ПУ}_{\beta} - \text{ИК}$. Истинная скорость судна V соответствует величине отрезка OB в том же масштабе, что V_l и V_t .

Если изменяются скорость судна или элементы течения, то треугольник скоростей строят заново. При попутном или встречном течении истинная скорость судна V равна алгебраической сумме скорости судна относительно воды (V_l) и скорости течения (V_t), а треугольник скоростей в этом случае превращается в прямую линию.

Числение пути при учете дрейфа и течения. При плавании в условиях совместного воздействия на судно ветра и течения необходимо прокладывать на карте линию пути судна при дрейфе и течении, над которой надписывать КК, поправку компаса и суммарный угол сноса $c = a + \beta$ (алгебраическая сумма, где a и β берутся со своими знаками). На карте также прокладывают линию пути при дрейфе, на которой по лагу или скорости откладывают соответствующие отрезки пройденного судном расстояния. Каждой точке на линии пути при дрейфе соответствует определенная вектором течения точка на линии действительного перемещения судна. Путевой угол при дрейфе и течении обозначают ПУ_с.

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

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

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

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

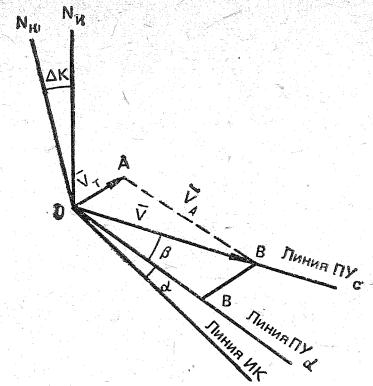


Рис. 74. Графическое решение обратной задачи при учете дрейфа и течения

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

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

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

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

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

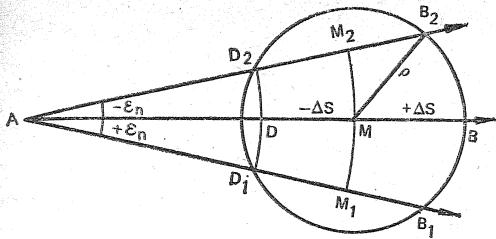


Рис. 75. Точность счисления

сти яхты и ошибок учета дрейфа и течения.

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

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

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

Из треугольников АММ₂ и АММ₁ имеем $MM_2 = MM_1 = AM$ $\sin \epsilon_n^0 = S \cdot \sin \epsilon_n^0$.

Учитывая малость угла ϵ_n^0 можно записать:

$$\sin \epsilon_n^0 = \epsilon_n^0 \cdot \text{arc } 1^\circ = \frac{\epsilon_n^0}{57,3^\circ},$$

тогда $MM_2 = MM_1 = S \frac{\epsilon_n^0}{57,3^\circ}$ или для

приближенных расчетов

$$MM_2 = MM_1 = S \frac{\epsilon_n^0}{60}.$$

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

$$\rho = \sqrt{\left(S \frac{\epsilon_n^0}{60}\right)^2 + \Delta S^2}. \quad (50)$$

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

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

6.5. Определение места яхты в море визуальными способами

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

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

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

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

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

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

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

В качестве линий положения для

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

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

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

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

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

При появлении сомнения в невязке обсервацию рекомендуется повторить.

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

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

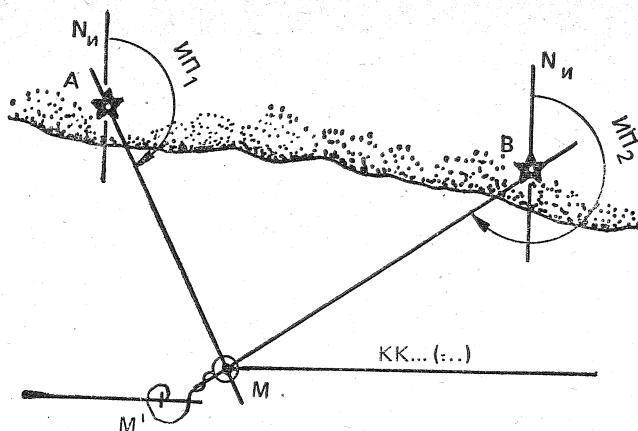


Рис. 76. Определение места по пеленгам двух предметов

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

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

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

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

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

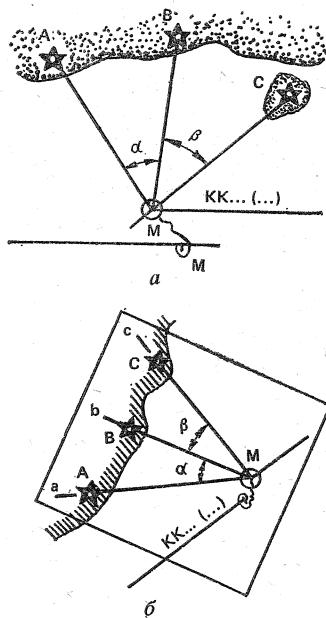


Рис. 77. Определение места по двум горизонтальным углам (а) и нанесение места на карту с помощью кальки (б)

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

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

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

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

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

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

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

трех пеленгов пересекутся в одной точке.

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

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

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

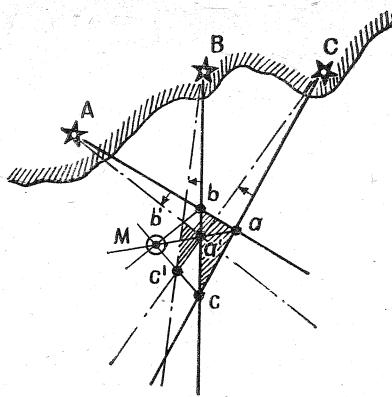


Рис. 78. Треугольник погрешности

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

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

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

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

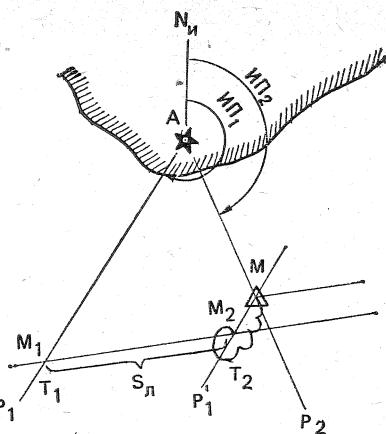


Рис. 79. Определение места по крюйс-пеленгу

брать в момент траверза ориентира или около траверза.

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

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

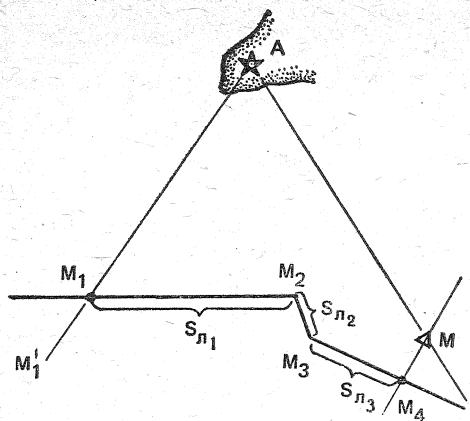


Рис. 80. Крюйс-пеленг при изменении курса

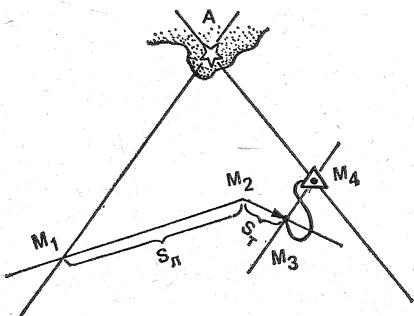


Рис. 81. Крюйс-пеленг на течении

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

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

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

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

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

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

где H — высота ориентира над уровнем моря в м;

γ — вертикальный угол ориентира в угловых минах.

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

Высоту ориентира берут из навигационных пособий.

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

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

Решение:

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

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

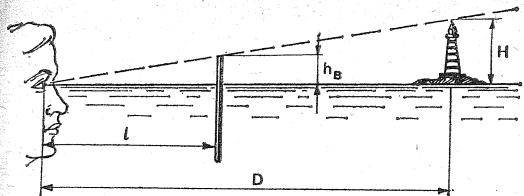


Рис. 82. Определение расстояния по высоте предмета с помощью линейки

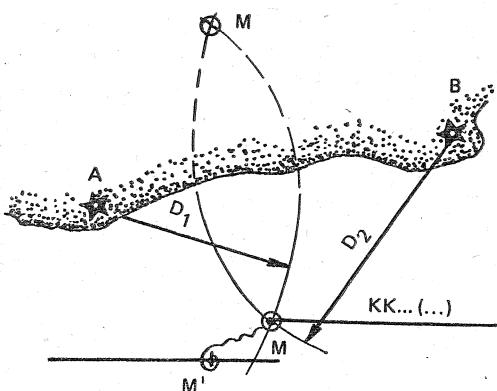


Рис. 83. Определение места по двум расстояниям

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

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

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

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

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

6.6. Радионавигация на яхте

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

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

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

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

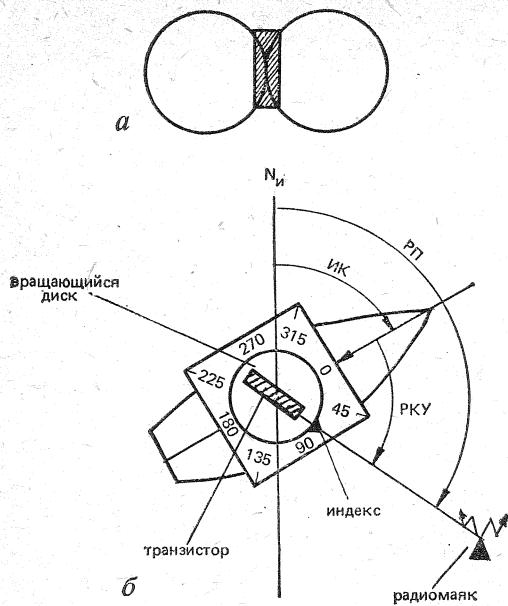


Рис. 84. Использование транзистора с азимутальным планшетом для радиопеленгования:
а — направленность ферритовой антенны; б — планшет для радиопеленгования

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

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

вой стрелке с разметкой через 1° вокруг диска.

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

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

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

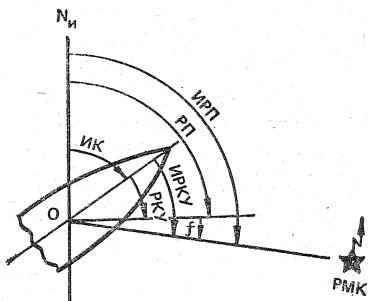


Рис. 85. Учет радиодевиации

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Место яхты на карте по радиопеленгам получают теми же способами,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Прокладку линий положения (ИРП или Лок П) на карте производят аналогично способам визуальных определений. Место яхты принимают в пересечении линий положения и обозначают ромбом с указанием времени.

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

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

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

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

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

6.7. Плавание при ограниченной видимости и в стесненных условиях

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

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

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

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

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

Если капитан яхты не уверен в без-

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

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

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

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

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

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

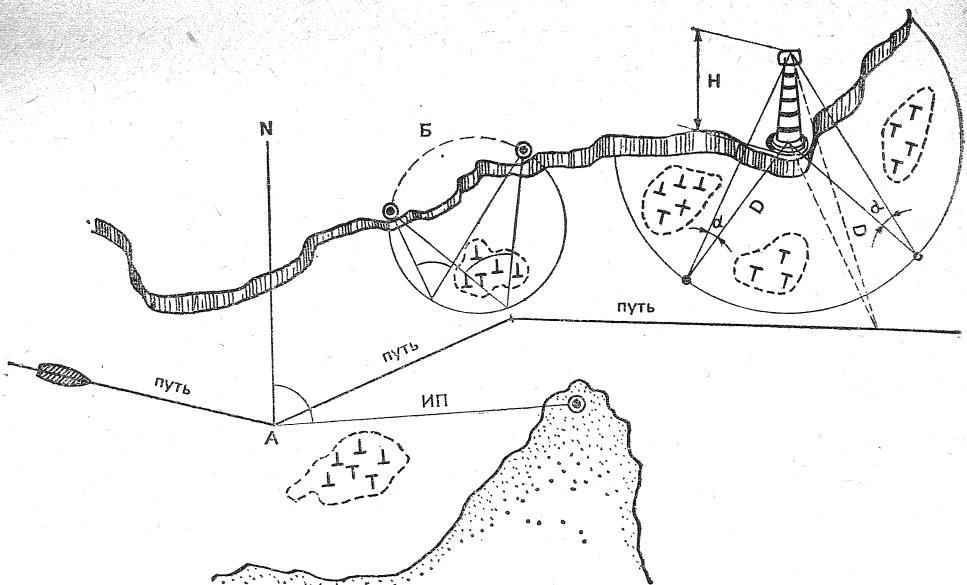


Рис. 86. Ограждающие (опасные) изолинии:
ИП — опасный пеленг, β — горизонтальный угол опасности; опасное расстояние (D) и вертикальный угол опасности (α)

рольными пеленгами, например, при каждом повороте.

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

6.8. Судовой журнал и его ведение

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

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

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

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

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

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

— курсы относительно ветра и компасного меридиана и их изменение;

— прохождение створов с указанием КП створа и АК;

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

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

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

— изменение направления и силы ветра, волнения, видимости;

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

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

— результаты измерения скорости хода с указанием способа измерения;

— время вхождения в полосу тумана и принятые меры;

— подача туманных сигналов;

— включение ходовых огней;

— судовые работы;

— время и место досмотра яхты кораблями погранвойск;

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

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

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

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

— вход в стесненный район, гавань, канал;

— спуск на воду рабочего тузика и подъем его;

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

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

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

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

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

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

скорость по генеральному курсу и по прокладке.

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

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

Глава 7

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

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

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

Если какой-либо из упомянутых ин-

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

7.1. Небесные ориентиры, их координаты и видимые движения

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

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

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

Блеск $m=0$ присвоен самой яркой звезде летнего неба Веге а Лирь. Почти такой же яркости звезды Арктур (а Волопаса). Звезда Алнитаир (а Орла) имеет $m \approx 1$, и она считается в 2,5 раза слабее по блеску чем Вега; звезда Дубхе (а Большая Медведица) имеет блеск $m=2,0$, она видна слабее Веги в $2,5 \times 2,5 \approx 6$ раз. Буквой «альфа» обычно обозначают самую яркую звезду в созвездии.

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

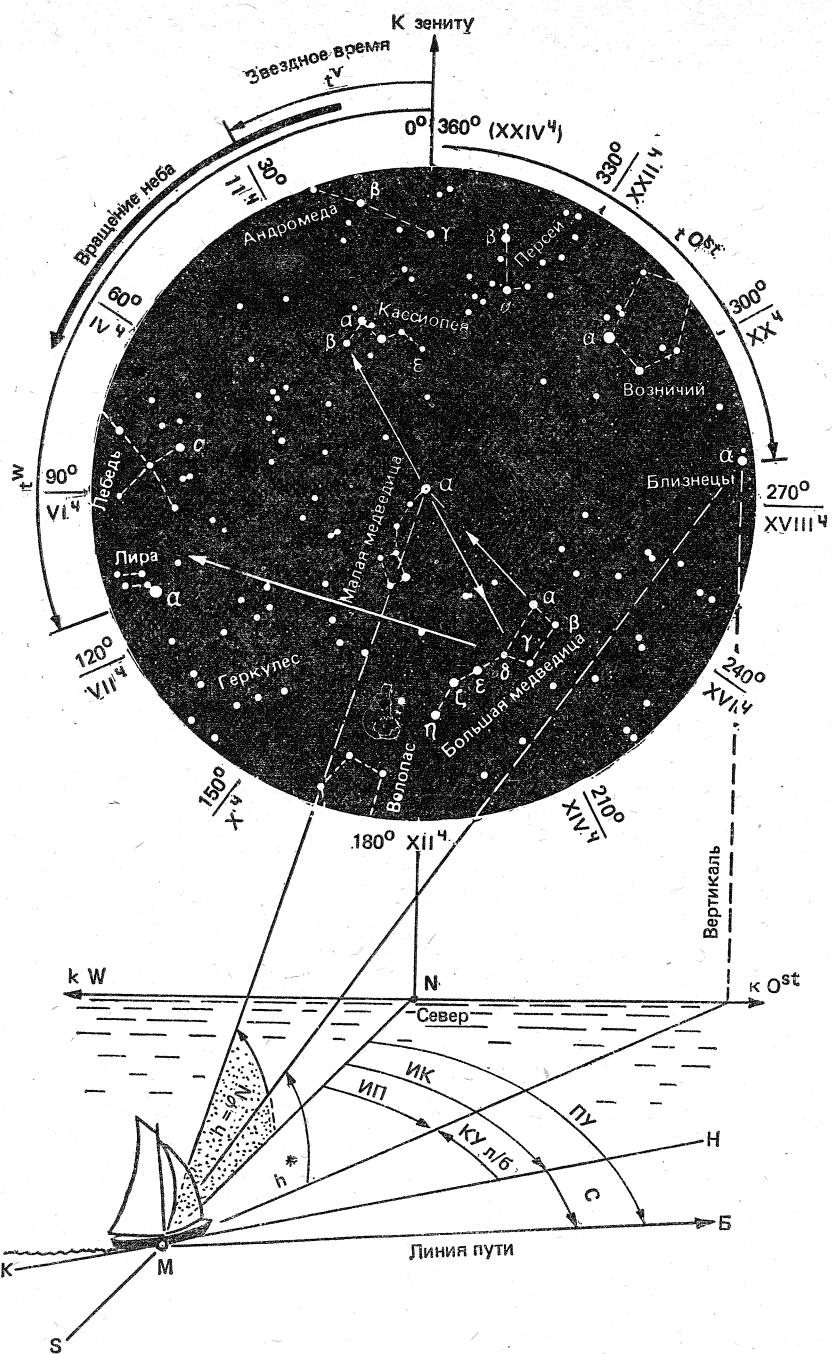


Рис. 87. Ориентирование по направлению на север, во времени и по широте места яхты по наблюдению за созвездиями северного неба

значается самая яркая звезда того созвездия, название которого указано.

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

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

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

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

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

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

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

— по направлению у— δ Б. М. видны созвездия Лиры и Лебедя, входящие вместе с созвездием Орла в «летний треугольник»;

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

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

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

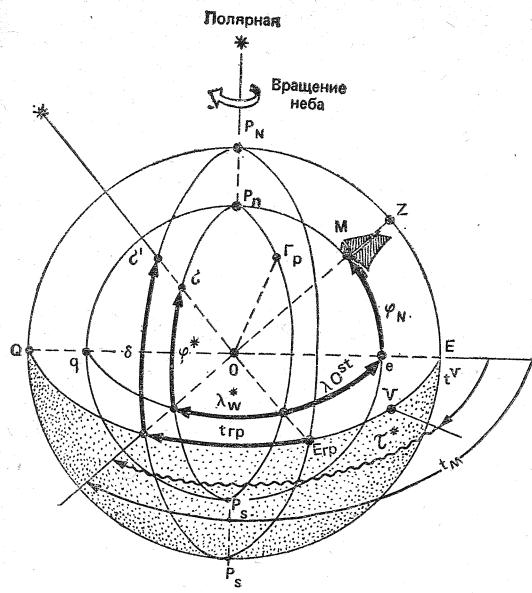


Рис. 88. Географические и экваториальные координаты, определяющие положение географических и видимых мест светил

Земли называется географическим местом светила σ (или ГМС).

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

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

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

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

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

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

где восточная долгота прибавляется к δ_W^W кругового счета, а западная — вычитается.

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

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

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