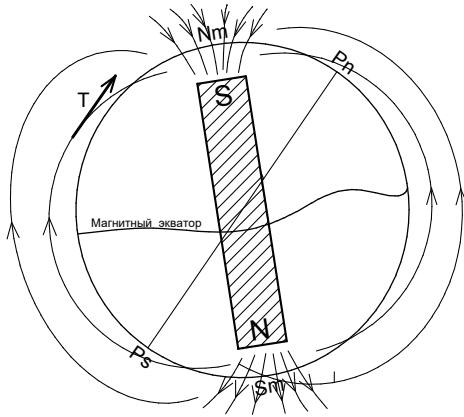


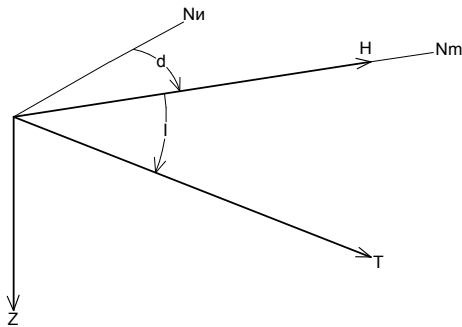
## 1. Использование для определения направлений магнитного компаса.

Магнитный компас в своей работе использует магнитное поле Земли. Земля имеет магнитное поле подобное тому, которое создал бы очень мощный магнит, помещённый внутри Земли и направленный южным концом на Гудзонов залив, а северным на Землю Южной Виктории.



Свободно подвешенная магнитная стрелка устанавливается по направлению полной магнитной силы Земли  $T$ . Северный конец этой стрелки притягивается южным концом помещённого внутри Земли магнита, а южный северным. Магнитные полюсы Земли  $Nm$  и  $Sm$  получили названия по концам магнитной стрелки, а не условного магнита внутри Земли.

### Элементы магнитного поля Земли



Полная магнитная сила Земли  $T$  раскладывается на составляющие.

$H$  – горизонтальная магнитная сила.

$Z$  – вертикальная магнитная сила.

Горизонтальная магнитная сила  $H$  направлена по магнитному меридиану  $Nm$ , который не совпадает с истинным меридианом  $Ni$ .

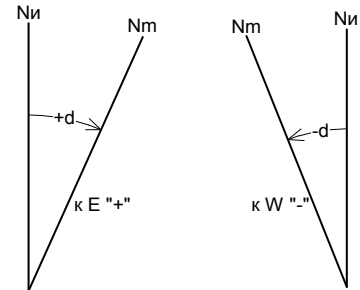
Магнитное склонение  $d$  – это угол между истинным и магнитным меридианами.

Магнитное наклонение  $I$  – это угол между горизонтальной плоскостью (или силой  $H$ ) и полной магнитной силой  $T$ .

Горизонтальная магнитная сила  $H$  устанавливает картушку магнитного компаса в направлении магнитного меридиана. В приполярных районах, где  $H$  мала, магнитный компас не работает.

Важным элементом для судовождения является магнитное склонение  $d$ .

Склонение имеет наименование и знак.



Если  $N$  часть магнитного меридиана отклонена от  $N$  части истинного меридиана к  $E$ , то склонению присваивается наименование  $E$  и знак «+». Если  $N$  часть магнитного меридиана отклонена от  $N$  части истинного меридиана к  $W$ , то склонению присваивается наименование  $W$  и знак «-».

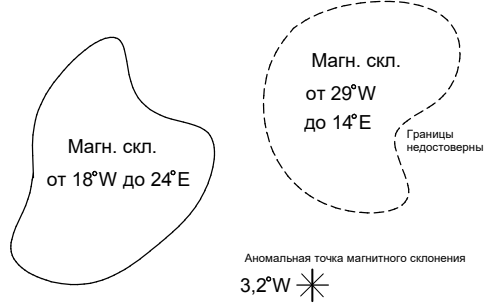
Элементы магнитного поля Земли,  $T$ ,  $H$ ,  $Z$ ,  $I$ ,  $d$  с течением времени изменяются (подвержены вариациям). Вариации бывают периодические и непериодические (возмущения). Периодические вариации делятся на вековые, годовые и суточные. Годовые и суточные незначительны и в судовождении не учитываются. При использовании магнитного компаса учитывают вековые вариации магнитного склонения.

Вековые вариации магнитного склонения (вековой ход) имеют период несколько столетий и амплитуду до  $40^\circ$ , из-за чего магнитное склонение может изменяться на величину до  $0,2^\circ$  за год.

Возмущения магнитного поля Земли (магнитные бури) происходят от солнечной активности. В средних широтах из-за магнитных бурь склонение может изменяться до  $5^\circ$ , в полярных районах до  $50^\circ$ . О наступлении магнитных бурь судоводители предупреждаются, в это время нельзя пользоваться магнитным компасом.

Магнитные аномалии. (см. рис.) В некоторых районах магнитное склонение значительно отличается от его значения в окружающих точках.

## Магнитные аномалии



Причина этого залегающие под землёй магнитные породы. Границы магнитных аномалий указаны на картах.

### Выборка магнитного склонения

На морских картах, в разных точках указывается величина магнитного склонения с точностью до  $0,1^\circ$ , его наименование (E или W), год, к которому оно относится, величина и направление (кE или кW) годового изменения склонения. Например:

Магн. скл.  $12,4^\circ\text{E}$  2001г. Год. изм.  $0,02^\circ$  к W.

Склонение, указанное на карте, необходимо приводить к году плавания по формуле

$$d_2 = d_1 \pm n\Delta d$$

где  $d_2$  – склонение для года плавания;

$d_1$  – склонение, указанное на карте;

$n$  – число лет, прошедших от года, для которого на карте указаны данные о склонении;

$\Delta d$  – годовое изменение склонения.

В вышеприведенной формуле знак +, если склонение и направление его изменения одноименны, и знак -, если разноименны.

## Магнитные направления

Картушка магнитного компаса под воздействием магнитного поля Земли устанавливается по магнитному меридиану Nm. Направления, отсчитываемые от магнитного меридиана называются магнитными направлениями.

Магнитный курс МК – угол между N половиной магнитного меридиана и линией курса ЛМК.

Магнитный пеленг МП – угол между N половиной магнитного меридиана и линией пеленга ЛП.

Обратный магнитный пеленг

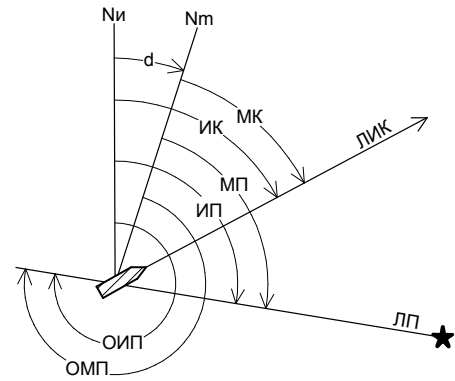
$$\text{ОМП} = \text{МП} \pm 180^\circ$$

Для перехода от магнитных направлений к истинным применяются формулы

$$\text{ИК} = \text{МК} + (\pm d);$$

$$\text{ИП} = \text{МП} + (\pm d);$$

$$\text{ОИП} = \text{ОМП} + (\pm d).$$



Для перехода от истинных направлений к магнитным применяются формулы

$$\text{МК} = \text{ИК} - (\pm d);$$

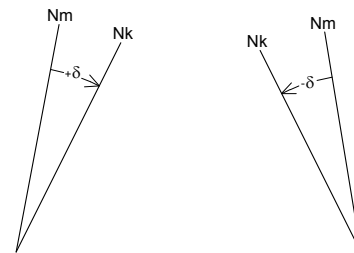
$$\text{МП} = \text{ИП} - (\pm d);$$

$$\text{ОМП} = \text{ОИП} - (\pm d).$$

## Девияция магнитного компаса

Суда строят из стали – ферромагнитного материала. Корпус судна намагничивается в магнитном поле Земли, то есть приобретает собственное магнитное поле. Под действием магнитного поля судна катушка магнитного компаса отклоняется от магнитного меридиана и устанавливается в направлении компасного меридиана Nk. Это явление называется девиация.

Термином «девиация» и буквой  $\delta$  (дельта) обозначается также угол между магнитным и компасным меридианами.



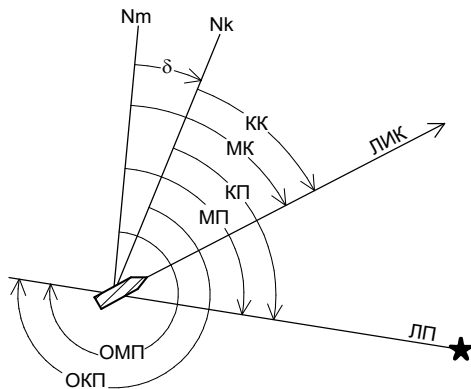
Если N половина компасного меридиана отклонена к E от N половины магнитного меридиана то девиация имеет знак «+», в противном случае знак «-».

Девияция усложняет использование магнитного компаса, поэтому её уничтожают методом компенсации магнитного поля судна магнитами-уничтожителями в месте установки компаса. Однако довести до нуля девиацию не удаётся, и после уничтожения составляется таблица остаточной девиации, которая используется при решении навигационных задач.

## Компасные направления

Картушка магнитного компаса под воздействием магнитных полей Земли и корпуса судна устанавливается по компасному меридиану.

Направления, отсчитываемые от компасного меридиана, называются компасными направлениями.



Компасный курс  $KK$  – угол между  $N$  половиной компасного меридиана и линией курса  $ЛМК$ .

Компасный пеленг  $КП$  – угол между  $N$  половиной компасного меридиана и линией пеленга  $ЛП$ .

Обратный компасный пеленг

$$ОКП = КП \pm 180^\circ$$

Обратные направления  $ОИП$ ,  $ОМП$  и  $ОКП$  применяются вследствие конструктивных особенностей оптического пеленгатора, установленного на котелке магнитного компаса.

Для перехода от компасных направлений к магнитным применяются формулы

$$МК = KK + (\pm\delta);$$

$$МП = КП + (\pm\delta);$$

$$ОМП = ОКП + (\pm\delta).$$

Для перехода от магнитных направлений к компасным применяются формулы

$$KK = МК - (\pm\delta);$$

$$КП = МП - (\pm\delta);$$

$$ОКП = ОМП - (\pm\delta).$$

### Исправление направлений

Исправление это переход от компасных направлений к истинным. Производится по формулам

$$ИК = KK + (\pm\Delta МК);$$

$$ИП = КП + (\pm\Delta МК);$$

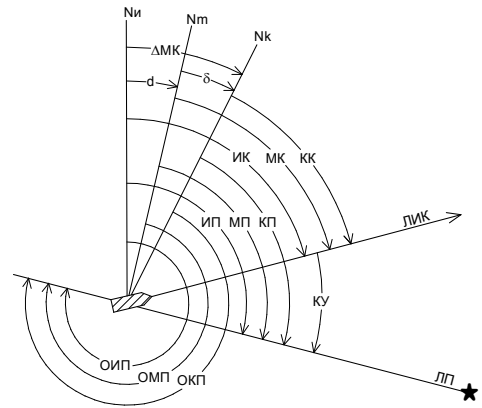
$$ОИП = ОКП + (\pm\Delta МК);$$

$$\pm\Delta МК = (\pm\delta) + (\pm d).$$

где  $\pm\Delta МК$  – общая поправка магнитного компаса – сумма девиации и склонения,

$\pm\delta$  – девиация магнитного компаса. Выбирается из таблицы девиации по  $KK$ .

$\pm d$  – магнитное склонение. Снимается с карты и приводится к году плавания.



### Перевод направлений

Перевод – это переход от истинных направлений к компасным. Производится по формулам

$$KK = ИК - (\pm\Delta МК);$$

$$КП = ИП - (\pm\Delta МК);$$

$$ОКП = ОИП - (\pm\Delta МК);$$

$$\pm\Delta МК = (\pm\delta) + (\pm d).$$

где  $\pm\Delta МК$  – общая поправка магнитного компаса – сумма девиации и склонения,

$\pm\delta$  – девиация магнитного компаса.

Выбирается из таблицы девиации по магнитному курсу

$$МК = ИК - (\pm d);$$

где  $\pm d$  – магнитное склонение. Снимается с карты и приводится к году плавания.

## 2. Определение поправок компасов.

Принцип определения поправок любого компаса  $\Delta K$  заключается в сравнении компасного направления (измеренного с помощью компаса) с истинным направлением:

$$\Delta K = ИК - КК; \Delta K = ИП - КП.$$

Различают три основных метода определения поправки компаса:

- по сравнению пеленгов;
- по створу;
- по сличению компасов.

### Определение $\Delta K$ по сравнению пеленгов

Способ основан на точном знании места судна и координат пеленгуемого ориентира.

Истинный пеленг рассчитывается, ориентир пеленгуется (КП).

Полученный КП сравнивается с ИП:

$$\Delta K = ИП - КП.$$

ИП можно рассчитать по формуле аналитического счисления:

$$\text{tg ИП} = \Delta \lambda \cdot \cos \varphi_m / \Delta \varphi,$$

где:  $\Delta \lambda$  – разность долгот между судном и ориентиром;

$\Delta \varphi$  – разность широт между судном и ориентиром;

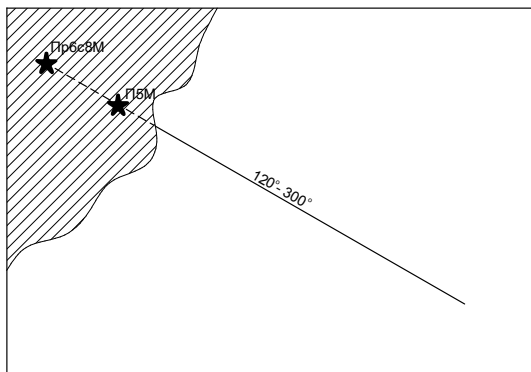
$$\varphi_m = 0,5(\varphi_1 + \varphi_2) - \text{средняя широта}.$$

ИП можно также измерить по карте, однако при этом прибавятся погрешности измерений с помощью прокладочного инструмента.

### Определение $\Delta K$ по створу

Система из двух или трёх маяков, знаков, огней, расположенных на местности в определённом порядке, и образующих линию положения (ось створа), называется морским навигационным створом.

Створы предназначены, в основном, для обеспечения плавания по прямым отрезкам (коленам) фарватеров в узкостях, где много навигационных опасностей.



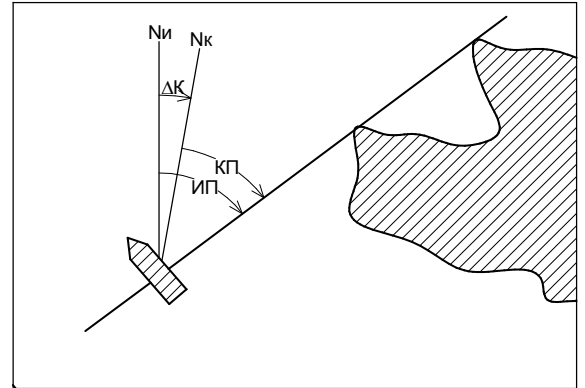
По назначению створы бывают ведущими, поворотными, секущими и девиационными

Метод определения поправок компаса по створу заключается в сравнении КП, измеренного

на створные знаки в момент пересечения линии створа, с ИП створа, указанным на карте:

$$\Delta K = ИП_{ств} - КП_{ств}.$$

Для определения  $\Delta K$  можно также использовать створ двух естественных ориентиров, показанных на карте (вершины гор, мысы) или сооружений (трубы, мачты), ИП которых измеряется по карте с помощью прокладочного инструмента.



### Определение $\Delta K$ по сличению компасов

Метод основан на сравнении курса по компасу, поправка которого определяется с курсом по компасу, поправка которого известна. На основе одновременного сличения курсов рассчитывается  $\Delta K$ .

$$\Delta K = K_o + \Delta K_o - K^*,$$

где  $K_o$  – курс по компасу, поправка которого известна;

$\Delta K_o$  – известная поправка;

$K$  – курс по компасу, поправка которого определяется.

Разность  $K_o - K = R$  называется **сличение**. Отсюда

$$\Delta K = R + K_o.$$

#### **Пример:**

Определить  $\Delta MK$ , если  $KK_{mk} + 6^\circ$ ,  $GKK = 354^\circ$ ,  $\Delta GK = -2^\circ$ .

Решение:

$$R = K_o - K = GKK - KK_{mk} = 354^\circ - 366^\circ = -12^\circ;$$

$$\Delta K = R + K_o;$$

$$\Delta MK = R + \Delta GK = (-12) + (-2) = -14^\circ.$$

Ответ:  $\Delta MK = -14^\circ$ .

Вывод формулы \*:

$ИК = K + \Delta K$ ;  $ИК = K_o + \Delta K_o$ ; т.к.  $ИК = ИК$ , то  $K + \Delta K = K_o + \Delta K_o$ ;  $\Delta K = K_o + \Delta K_o - K$ .

### Определение поправки гирокомпаса

С целью уменьшения случайных погрешностей, после прихода гирокомпаса в меридиан (на стоянке), производятся многократные измерения пеленгов через каждые 10 – 15 минут в течение 2,5 – 3,0 часов. По результатам измерений рассчитывается среднее значение гирокомпасного пеленга  $GKP$ :

$$GKP_{cp} = 1/n(GKP_1 + GKP_2 + GKP_3 + \dots + GKP_n);$$

где  $n$  – число измерений.

Затем определяется постоянная поправка:

$$\Delta ГК = ИП - ГК_{\text{Пср.}}$$

В море постоянная поправка гирокомпаса определяется при равномерном движении судна. В момент каждого измерения компасного пеленга выполняется высокоточная обсервация, относительно которой рассчитывается истинный пеленг. Для каждого гирокомпасного пеленга рассчитывается соответствующий ему ИП и поправка гирокомпаса  $\Delta ГК$ . Среднее значение поправки рассчитывается по формуле

$$\Delta ГК_{\text{ср}} = 1/n(\Delta ГК_1 + \Delta ГК_2 + \Delta ГК_3 + \dots + \Delta ГК_n);$$

где  $n$  – число измерений.

### Определение поправки магнитного компаса

Поправка магнитного компаса зависит от магнитного склонения  $d$  и от девиации  $\delta$ :

$$\Delta МК = d + \delta.$$

Склонение изменяется с изменением координат судна и с течением времени, девиация зависит от курса судна.

Поэтому  $\Delta МК$ , определяемая по сравнению пеленгов, по створу и по сличению может быть использована лишь на том курсе, на котором производилось её определение.

В общем случае поправка магнитного компаса определяется как алгебраическая сумма магнитного склонения  $d$ , которое снимается с навигационной морской карты и приводится к году плавания и девиации  $\delta$ , выбираемой из таблицы девиации.



### 3. Определение скорости судна и пройденного расстояния.

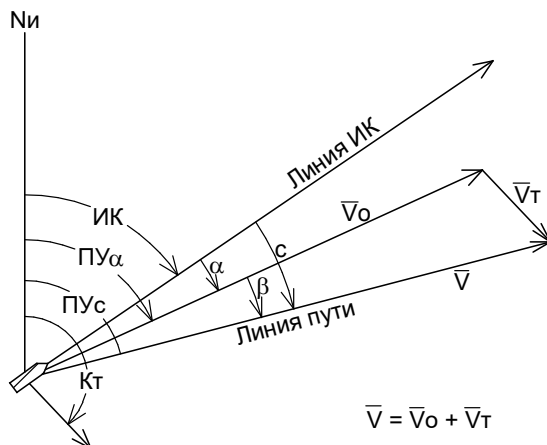
#### Относительная и абсолютная скорости судна

Судно перемещается относительно поверхности Земли под воздействием движителей, ветра и течения.

Под воздействием движителей и ветра судно перемещается относительно воды со скоростью  $V_o$ , которая называется относительной скоростью.

Под воздействием течения судно вместе с массами воды перемещается относительно поверхности Земли со скоростью течения  $V_t$ , которая называется переносной скоростью.

Под суммарным воздействием движителей, ветра и течения судно перемещается относительно поверхности Земли со скоростью  $V$ , которая называется абсолютной (путевой) скоростью.



При отсутствии ветра вектор относительной скорости судна  $V_o$  направлен по линии ИК, то есть вдоль ДП.

При наличии ветра вектор относительной скорости  $V_o$  составляет с линией ИК угол  $\alpha$ , который называется углом дрейфа. При воздействии ветра в левый борт вектор относительной скорости  $V_o$  отклоняется от линии ИК в сторону правого борта:  $+\alpha$ . При воздействии ветра в правый борт вектор  $V_o$  отклоняется влево  $-\alpha$ .

Величина вектора относительной скорости  $V_o$  складывается из:

$$V_o = V_{об} + V_{др},$$

где  $V_{об}$  – скорость, развиваемая судном в зависимости от скорости вращения гребного винта;

$V_{др}$  – скорость дрейфа, то есть скорость судна за счёт воздействия на него ветра.

Вектор переносной скорости совпадает с направлением течения  $K_t$ , а его величина приблизительно равна скорости течения  $V_t$ .

Вектор абсолютной скорости  $V$  равен геометрической сумме векторов  $V_o$  и  $V_t$

$$V = V_o + V_t = V_{об} + V_{др} + V_t.$$

Линия, по которой перемещается судно относительно дна моря (линия, по которой направлен вектор абсолютной скорости), называется линией пути. Угол между  $N$  половиной истинного меридиана и линией пути называется путевым углом ПУ.

Отклонение вектора путевой (абсолютной) скорости от направления вектора относительной скорости называется углом сноса  $\beta$ . Или: угол сноса – это угол между линией пути при наличии течения и линией ИК при отсутствии дрейфа и линией пути при дрейфе.

Отклонение вектора путевой скорости от линии ИК (или ДП) при наличии дрейфа и течения называется суммарным углом сноса

$$c = \alpha + \beta.$$

Относительная скорость определяется с помощью относительного лага.

Абсолютная скорость определяется с помощью абсолютного лага.

Скорость течения (переносная скорость) определяется:

- расчётным способом по показаниям относительного и абсолютного лагов;
- по атласам течений;
- с помощью измерителей течений;
- по наблюдениям.

#### Определение скорости и расстояния, пройденного относительно воды.

В настоящее время на судах применяются, в основном, два типа относительных лагов – гидродинамический и индукционный.

Гидродинамические лаги измеряют динамическое давление воды, возникающее при движении судна, величина которого пропорциональна скорости судна. По измеренному давлению вычисляется скорость.

В индукционных лагах используется явление электромагнитной индукции: под днищем судна вокруг электромагнита создаётся магнитное поле. При движении этого поля вместе с судном в морской воде, как в проводнике, наводится электродвижущая сила, пропорциональная скорости судна. По измеренной э.д.с. вычисляется скорость.

Пройденное относительно воды расстояние  $S_o$  за время  $t$  от момента  $T_1$  до момента  $T_2$  вычисляется интегрированием скорости.

Пройденное судном расстояние, измеренное лагом обозначается  $S_l$ . Оно определяется как РОЛ - разность отсчётов лага ОЛ1 и ОЛ2, снятых со шкалы счётчика пройденного расстояния в моменты  $T_1$  и  $T_2$

$$РОЛ = ОЛ_2 - ОЛ_1.$$

Однако, из-за наличия погрешностей, которые неизбежно присутствуют при всех измерениях, РОЛ не соответствует действительно пройденному судном расстоянию. Поэтому РОЛ необходимо исправлять по одной из двух формул:

$S_l = РОЛ \cdot Кл$ , или  $S_l = РОЛ(1 + \Delta Л/100)^*$ ,  
Где  $S_l$  – пройденное относительно воды расстояние, рассчитанное по лагу;

$РОЛ$  – разность отсчётов лага;

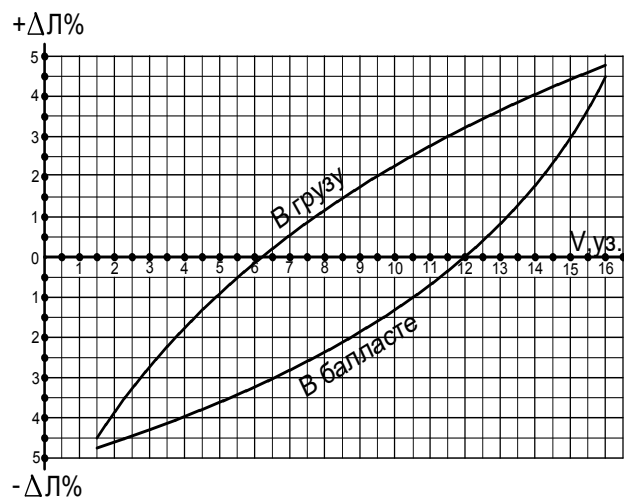
$Кл$  – коэффициент лага;

$\Delta Л$  – поправка лага, %.

Из формул, приведённых выше \*, следует:

$$Кл = 1 + \Delta Л/100; \Delta Л = (Кл - 1) \cdot 100.$$

Если лаг не работает, скорость и пройденное относительно воды расстояние можно рассчитывать по частоте вращения гребного винта. График зависимости скорости судна от частоты вращения гребного винта рассчитывается на мерной линии.

График зависимости  $\Delta Л$  от скорости

### Определение $V_0$ , $\Delta Л$ и $Кл$ на мерной линии

Испытания проводятся в грузу на режимах полный ход (ПХ), средний ход (СХ), малый ход (МХ).

На каждом режиме производится три пробега.

На каждом пробеге фиксируют

$t$  – время пробега в секундах (с помощью секундомера фиксируют моменты пересечения секундных створов);

$N$  – частоту вращения гребного винта;

$ОЛ$  – отсчёты лага в моменты пересечения секундных створов.

Данные, полученные на девяти пробегах, обрабатывают в следующем порядке:

1. Рассчитывают наблюдаемые скорости на каждом пробеге по формуле:

$$V_i = 3600S/t,$$

где  $S$  – длина пробега, мили;

$t$  – время пробега, сек.

2. Рассчитывают среднюю скорость для каждого режима (ПХ, СХ, МХ) по формуле

$$V = (V_1 + 2V_2 + V_3)/4.$$

3. Рассчитывают  $\Delta Л$  на каждом из девяти пробегов по формуле

$$\Delta Л_i = (S - РОЛ_i)/РОЛ_i \cdot 100\%.$$

4. Рассчитывают среднюю величину  $\Delta Л$  и  $Кл$  для каждого режима работы машины по формулам

$$\Delta Л = (\Delta Л_1 + 2\Delta Л_2 + \Delta Л_3)/4;$$

$$Кл = 1 + \Delta Л/100.$$

5. По трём значениям  $\Delta Л$  (ПХ, СХ, МХ) строится график, а по графику составляется таблица зависимости  $\Delta Л$  и  $Кл$  от скорости судна.

Таблица  $\Delta Л$  и  $Кл$ 

В грузу			В балласте		
$V, уз.$	$\Delta Л, \%$	$Кл$	$V, уз.$	$\Delta Л, \%$	$Кл$
2	-3,8	0,962	2	-4,6	0,954
3	-2,7	0,973	3	-4,3	0,957
4	-1,7	0,983	4	-4,0	0,960
5	-0,9	0,991	5	-3,6	0,964
6	-0,2	0,998	6	-3,2	0,968
7	+0,6	1,006	7	-2,8	0,972
8	+1,2	1,012	8	-2,3	0,977
9	+1,7	1,017	9	-1,8	0,982
10	+2,2	1,022	10	-1,3	0,987
11	+2,7	1,027	11	-0,7	0,993
12	+3,2	1,032	12	0	1,0
13	+3,6	1,036	13	+0,8	1,008
14	+4,0	1,040	14	+1,8	1,018
15	+4,4	1,044	15	+3,0	1,030
16	+4,7	1,047	16	+4,5	1,045

6. По скорости судна и скорости вращения гребного винта строится график, а по графику таблица зависимости скорости судна числа оборотов винта.

График зависимости скорости от числа оборотов винта

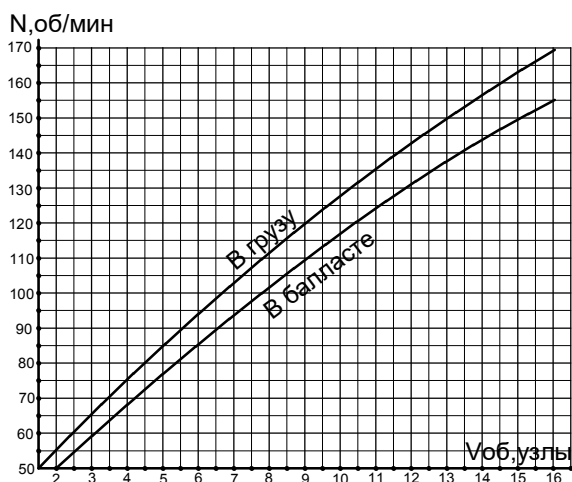


Таблица зависимости скорости  
от числа оборотов винта

В грузу		В балласте	
N, об/мин	V, узлы	N, об/мин	V, узлы
50	1,0	50	2,0
60	2,5	60	3,1
70	3,5	70	4,2
80	4,5	80	5,4
90	5,5	90	6,5
100	6,7	100	7,8
110	7,8	110	9,1
120	9,0	120	10,5
130	10,3	130	11,8
140	11,6	140	13,9
150	13,0	150	15,1
160	14,5	160	
170	16,0	170	

### Определение $\Delta L$ и $Kл$ в рейсе

Определив  $\Delta L$  и  $Kл$  на мерной линии, судоводители обязаны постоянно их проверять, так как  $\Delta L$  и  $Kл$  изменяются с течением времени от самых разных причин.

На переходах  $\Delta L$  и  $Kл$  определяют путём сравнения расстояний - действительно пройденного  $S$ , между двумя надёжными наблюдениями и показанного счётчиком лага РОЛ.

Для этого используются формулы

$$\Delta L = (S - \text{РОЛ}) / \text{РОЛ} \cdot 100\% \quad \text{и} \quad Kл = S / \text{РОЛ}.$$

Надёжными наблюдениями являются:

- по двум горизонтальным углам, измеренным секстаном;
- по трём визуальным пеленгам береговых ориентиров;
- по трём радиолокационным расстояниям до точечных ориентиров;
- в открытом море астрономическими методами при благоприятных условиях.



## 4. Морская картография

Морские карты, руководства и пособия для мореплавания, издаваемые ГУНиО МО РФ являются официальными документами, содержащими сведения о навигационно-гидрографических элементах в районах океанов и морей и прилегающих к ним побережий. Они предназначены для решения задач мореплавания и морского промысла.

Картой называется уменьшенное обобщённое изображение поверхности Земли и её отдельных участков на плоскости с помощью условных знаков.

Поверхность Земли на плоскости изображают по определённым математическим законам. Способ изображения поверхности Земли на плоскости называется картографической проекцией. В общем виде картографическая проекция определяется двумя уравнениями:

$$x = f_1(\varphi, \lambda), \quad y = f_2(\varphi, \lambda),$$

где  $\varphi$  и  $\lambda$  – географические координаты точки на поверхности Земли;

$x$  и  $y$  – прямоугольные координаты той же точки на плоскости.

Функции  $f_1$  и  $f_2$  определяют свойства картографической проекции.

Изображение системы меридианов и параллелей на карте называется картографической сеткой. Картографическая сетка, которая изображается на карте наиболее просто, называется нормальной сеткой. Это либо две системы параллельных прямых, пересекающихся под углом  $90^\circ$ , либо концентрические окружности и их радиусы.

Кроме нормальной, существуют косая и поперечная картографические сетки, на которых меридианы и параллели изображаются сложными кривыми линиями.

### Масштаб карты

Основной характеристикой карты в любой проекции является масштаб.

Главным масштабом  $M_0$ , называется отношение, показывающее, в сколько раз уменьшены линейные размеры поверхности Земли, при изображении её на карте. Главный масштаб относится к какой-либо линии или точке на карте и указывается в заголовке карты.

Вследствие искажений, возникающих при изображении выпуклой поверхности Земли на плоскости, масштаб в других точках карты отличается от главного, и называется частным масштабом  $M$ .

$$M = ds/dS,$$

где  $ds$  – бесконечно малый отрезок на карте;

$dS$  – соответствующий ему отрезок на местности.

В общем случае, частный масштаб зависит от направления.

Частный масштаб вдоль меридиана обозначается  $m$ , а вдоль параллели  $n$ .

В любой точке проекции частный масштаб по двум определённым взаимно перпендикулярным направлениям имеет экстремальные значения

$$M_{\max} = a; \quad M_{\min} = b.$$

Эти направления называются главными направлениями. В нормальных картографических проекциях главные направления совпадают с меридианами и параллелями.

### Классификация

#### картографических проекций

Картографические проекции классифицируют по двум признакам:

- по характеру искажений;
- по виду нормальной картографической сетки.

**По характеру искажений** проекции делятся на следующие:

- равновеликие (эквивалентные);
- равноугольные (конформные);
- равнопромежуточные;
- произвольные.

В **равновеликих** (эквивалентных) проекциях сохраняется неизменным масштаб площадей, то есть отношение бесконечно малой площади на карте к соответствующей площади на местности. При этом масштабы по главным направлениям отвечают условию

$$a \cdot b = \text{const.}$$

Однако, у равновеликих проекций нарушается подобие фигур, искажаются направления и углы.

В **равноугольных** (конформных) проекциях сохраняется подобие бесконечно малых фигур. Частные масштабы по всем направлениям в каждой данной точке карты у них одинаковы:

$$m = n = \text{const.}$$

Углы на карте у равноугольных проекций равны соответствующим углам на местности. Однако, у них искажается соотношение площадей.

В **равнопромежуточных** проекциях сохраняется неизменным масштаб длин по одному из главных направлений, то есть

$$a = \text{const.} \quad \text{или} \quad b = \text{const.}$$

Все остальные проекции относятся к **произвольным**.

**По виду нормальной картографической сетки** проекции делятся на следующие:

- цилиндрические;
- конические;
- азимутальные;
- произвольные.

В **цилиндрических** проекциях меридианы и параллели нормальной картографической сетки изображаются в виде двух систем параллельных прямых, пересекающихся под углом  $90^\circ$ .

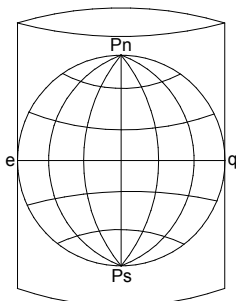
Уравнения этих проекций в общем виде

$$x = f(\varphi); \quad y = \alpha \lambda.$$

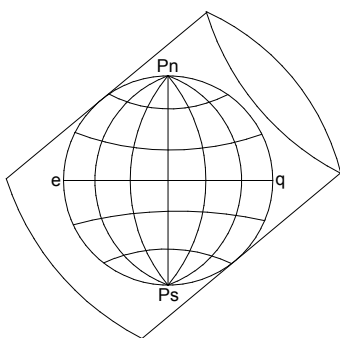
Вид функции  $f(\varphi)$  и величина параметра проекции  $\alpha$  определяют характер искажений.

Геометрически построение цилиндрической проекции можно интерпретировать так: поверхность земного шара проецируется на цилиндр, затем цилиндр разворачивается в плоскость.

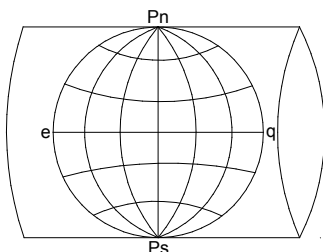
Нормальная (прямая) цилиндрическая проекция – оси Земли и цилиндра совпадают.



Косая цилиндрическая проекция – оси Земли и цилиндра составляют угол больше  $0^\circ$  и меньше  $90^\circ$ .

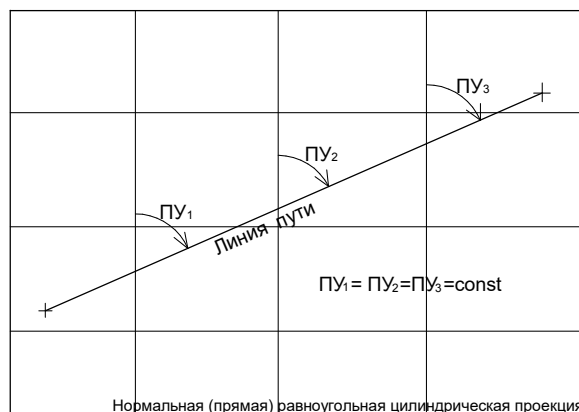


Поперечная цилиндрическая проекция – ось цилиндра совпадает с плоскостью экватора.

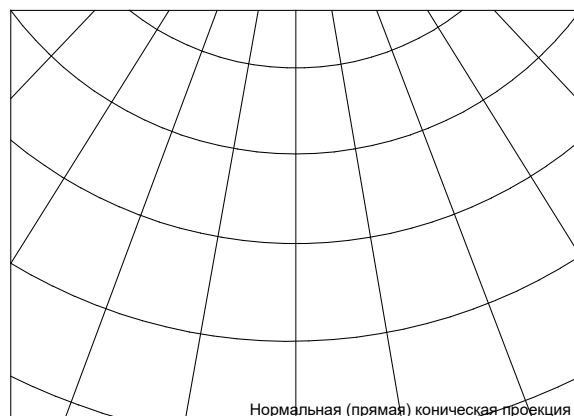


Цилиндрические проекции могут быть равноугольными, равновеликими и равнопромежуточными.

Нормальная (прямая) равноугольная цилиндрическая проекция применяется для составления морских навигационных карт (МНК), так как на ней сохраняется равенство углов (курсы, пеленги, путевые углы) и линия пути, если судно следует постоянным курсом, изображается на карте прямой линией, что существенно упрощает ведение навигационной прокладки.



В конических проекциях параллели нормальной картографической сетки изображаются в виде дуг концентрических окружностей, а меридианы в виде их радиусов, причём углы между радиусами пропорциональны соответствующим разностям долгот.

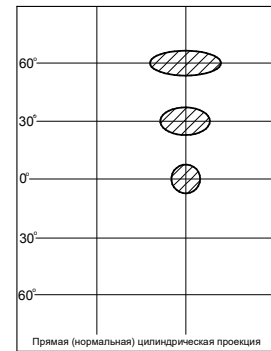
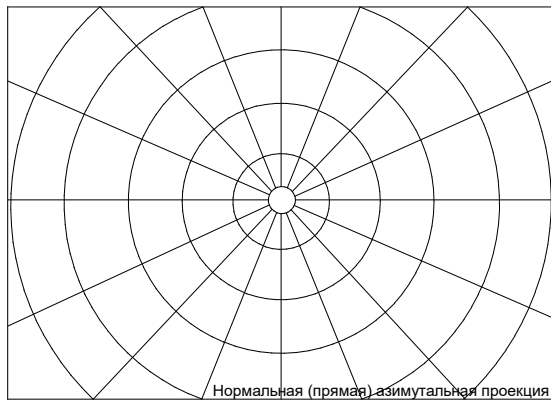


Так же как и цилиндрические, конические проекции могут быть равноугольными, равновеликими и равнопромежуточными, а также нормальными (прямыми), косыми и поперечными.

Конические проекции используются для изображения большого района океана, а так же для составления аэронавигационных карт.

В азимутальных проекциях параллели нормальной картографической сетки изображаются в виде концентрических окружностей, а меридианы их радиусами, причём углы между радиусами равны соответствующим разностям долгот.

Азимутальные проекции используются для изображения полярных областей, для составления карт полушарий в атласах, а также для морских специальных и вспомогательных карт.

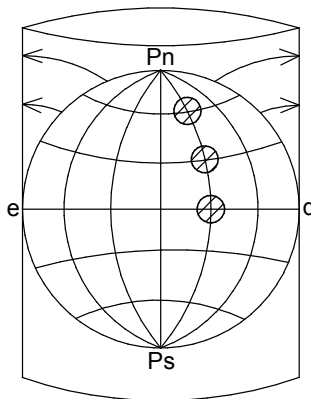


### Меркаторская проекция

Большинство МНК составляется в прямой (нормальной) равноугольной цилиндрической проекции Меркатора. На ней линия пути (локсодромия) изображается в виде прямой и сохраняется равенство углов. Эти свойства упрощают графическое решение задач на карте.

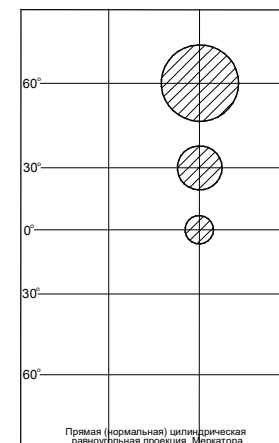
Геометрическая интерпретация построения меркаторской проекции следующая.

Поверхность Земли проецируется на касательный по экватору цилиндр. При этом меридианы разгибаются до прямых линий, а параллели растягиваются до размеров экватора. Величина растяжения каждой параллели тем больше, чем дальше от экватора она расположена – пропорционально  $\sec\varphi$ .



Затем цилиндр разворачивается в плоскость. Полученная проекция является прямой цилиндрической, но не равноугольной.

Три фигуры в форме круга одинаковой площади на поверхности Земли получили разные изображения на проекции. Фигура, расположенная на экваторе, не исказилась, а два других круга растянулись в эллипсы. Причём, величина растяжения пропорциональна  $\sec\varphi$ .



У равноугольной проекции должно сохраняться подобие фигур, то есть изображения в нашем примере должны иметь форму круга. Для этого необходимо также растянуть и меридианы, причем растяжение меридианов должно быть неравномерным по всей их длине, а пропорциональным  $\sec\varphi$ .

В результате получим прямую (нормальную) цилиндрическую равноугольную проекцию Меркатора. Подобие фигур сохранилось, однако нарушилось соотношение площадей.

Свойства равноугольности и равновеликости несовместимы.

Если Землю принять за шар, то уравнения меркаторской проекции имеют вид:

$$x = 2,3026 \cdot \lg \operatorname{tg}(45^\circ + 0,5\varphi);$$

$$y = R \cdot \lambda,$$

где  $R$  – радиус земного шара.

С помощью уравнений проекции по заданным географическим координатам точки можно вычислить плоские прямоугольные координаты этой точки на карте.

При расчётах картографической сетки и графических построениях на карте используется меридиональная часть МЧ:

$$D = 7915,704 \cdot \lg \operatorname{tg}(45^\circ + 0,5\varphi);$$

МЧ это расстояние по меридиану от экватора до данной параллели в нормальной равноугольной цилиндрической проекции Меркатора, выраженное в экваториальных минутах при масштабе на экваторе равном единице. Отрезок меридиана на меркаторской карте, выраженный

в экваториальных минутах, определяется разностью меридиональных частей РМЧ.

Меркаторская проекция равноугольная, поэтому масштаб в каждой точке карты по всем направлениям одинаков, однако, величина его изменяется в зависимости от широты, а вдоль каждой параллели он постоянен.

Если в качестве главной параллели принять экватор, то частный масштаб изменяется пропорционально  $\sec\varphi$ :

$$M = M_0 \sec\varphi.$$

Следовательно, на меркаторских картах вблизи экватора частный масштаб мало отличается от главного и изменяется медленно. В высоких широтах частный масштаб изменяется очень быстро вследствие чего большие искажения площадей, и использование меркаторской проекции становится невозможным.

На горизонтальных сторонах рамки карты (верхней и нижней) разбивается шкала долгот. Так как меридианы на меркаторской карте параллельны между собой, то длины одной минуты всех параллелей, в том числе и экватора одинаковы, поэтому длину минуты параллели  $e$  используют в качестве единицы длины при графических построениях. Величина  $e$  называется единица карты.

Величина одной минуты меридиана на меркаторской карте называется меркаторской милей. Длина меркаторской мили увеличивается с увеличением широты. Поэтому при измерении расстояний на карте необходимо пользоваться шкалой вертикальной рамки в той широте, где находится измеряемый отрезок.

### Решение основных графических задач на морских навигационных картах

Для навигационного обеспечения мореплавания на морских навигационных картах (МНК) решают графические задачи при помощи прокладочного инструмента: навигационного транспорта, параллельной линейки, циркуля-измерителя, чертёжного циркуля с карандашом. Линии наносят простым остро отточенным карандашом средней твёрдости и убирают мягкой резинкой. Из **основных** графических задач комбинируют все остальные.

#### **Снять с карты координаты заданной точки.**

Одну ножку циркуля-измерителя поставить в заданную точку, а другую подвести к ближайшей параллели, так, чтобы описанная циркулем дуга её касалась. Не изменяя угла раствора ножек циркуля, поднести его к вертикальной рамке карты и поставить одну ножку на параллель, до которой измерялось расстояние. Другую ножку поставить на внутреннюю половину вертикальной рамки в сторону заданной точки и снять отсчёт **широты** с точностью до 0,1 наименьшего деления рамки. **Долготу** заданной точки определить таким же образом, только расстояние измерить до ближайшего меридиана, а отсчет долготы снять по верхней или нижней рамке карты.

#### **Нанести точку по заданным координатам.**

Параллельную линейку приложить к ближайшей параллели и отодвинуть одну её половину до заданной

широты. Раствором циркуля-измерителя взять расстояние от ближайшего меридиана до заданной долготы по верхней или нижней рамке карты. Одну ножку циркуля поставить у среза линейки на тот же меридиан, а другой ножкой сделать укол у среза линейки в сторону заданной долготы. Место укола является заданной точкой.

#### **Измерить расстояние между двумя точками.**

Ножки циркуля-измерителя поставить в одну и другую точки. Не меняя раствора циркуля, приставить его к боковой рамке карты примерно в той же широте. Большое расстояние при измерении разбить на части, или взять с боковой рамки карты круглое число миль (примерно против середины измеряемой линии) и сосчитать сколько раз уложится это число по всей измеряемой линии. Остаток измерить обычным способом.

#### **Отложить заданное расстояние от заданной точки.**

Расстояние взять циркулем-измерителем с боковой рамки карты примерно в широте заданной точки с учетом направления и отложить на проведенной линии. Если расстояние большое, то примерно против его середины взять круглое число миль и отложить нужное число раз. От последней точки отмерить остаток расстояния.

#### **Измерить на карте направление линии истинного курса или линии истинного пеленга.**

Параллельную линейку приложить к линии на карте (или к двум точкам). Приставить к срезу линейки транспортир и перемещать его вдоль линейки до тех пор, пока его центральная точка не совпадет с каким-либо меридианом. Деление на транспортире, через которое проходит тот же меридиан, соответствует измеряемому направлению. На транспортире нанесены два ряда чисел. Верхний ряд – направления в N половину, нижний – в S половину горизонта.

#### **Проложить от заданной точки линию истинного курса или линию истинного пеленга.**

Транспортир наложить на карту так, чтобы его центральная точка совпала с меридианом, ближайшим к той точке, от которой требуется проложить линию. Повернуть транспортир до совпадения с тем же меридианом отсчета заданного курса или пеленга. К основанию транспортира приложить срез параллельной линейки. Убрать транспортир и придвинуть линейку к заданной точке. По срезу линейки в нужную сторону провести линию.

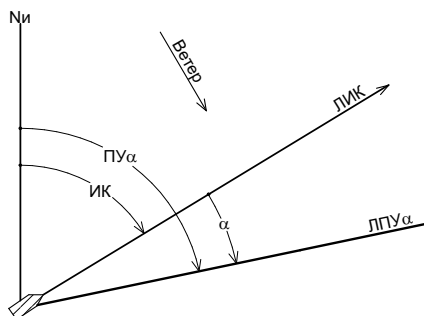
#### **Перенести точку с одной карты на другую.**

Снять с карты расстояние и направление от какого-либо маяка или другого ориентира, нанесенного на обе карты, до заданной точки. На другой карте проложить от этого же ориентира такое же направление и отложить по нему расстояние. Получим заданную точку.



## 5. Счисление пути судна с учетом ветрового дрейфа

В результате воздействия ветра, судно перемещается не по линии ИК, а по линии путевого угла при дрейфе (линии ПУα), вперед скулой, а не форштевнем. Направление движения судна в этом случае определяется не углом ИК, а путевым углом при дрейфе ПУα.



Как видно из рисунка

$$ПУ\alpha = ИК + (\pm\alpha) *$$

где  $\pm\alpha$  – угол ветрового дрейфа.

Угол ветрового дрейфа  $\pm\alpha$  нужно подставлять в формулу \* со своим знаком, если ветер в левый борт  $+\alpha$ , а если в правый, то  $-\alpha$ .

Из основной формулы \* можно получить производные:

$$ИК = ПУ\alpha - (\pm\alpha);$$

$$\pm\alpha = ПУ\alpha - ИК.$$

При ведении счисления необходимо на карте прокладывать линию фактического перемещения судна – линию ПУα (лПУα). Таким образом, для ведения графического счисления необходимо определять и учитывать угол ветрового дрейфа α.

В зависимости от обстоятельств, решают или прямую задачу, когда задан КК и требуется рассчитать ПУα, или обратную, когда задан ПУα, а требуется рассчитать КК.

### Прямая задача (задан КК)

Нанести на карту исходную точку счисления, указать возле неё момент начала движения Т1 и отсчет лага ОЛ1. Компасный курс исправить и рассчитать путевой угол при дрейфе ПУα.

При управлении судном по магнитному компасу:

$$ПУ\alpha = КК_{мк} + (\pm\delta) + (\pm d) + (\pm\alpha),$$

где  $\pm\delta$  – девиация (из таблицы девиации);

$\pm d$  – магнитное склонение (с карты)

$\pm\alpha$  – угол дрейфа.

При управлении судном по гирокомпасу:

$$ПУ\alpha = ГКК + (\pm\Delta ГК) + (\pm\alpha),$$

где  $\pm\Delta ГК$  – поправка гирокомпаса.

От исходной точки по направлению ПУα проложить линию ПУα, округлив до 0,5°.

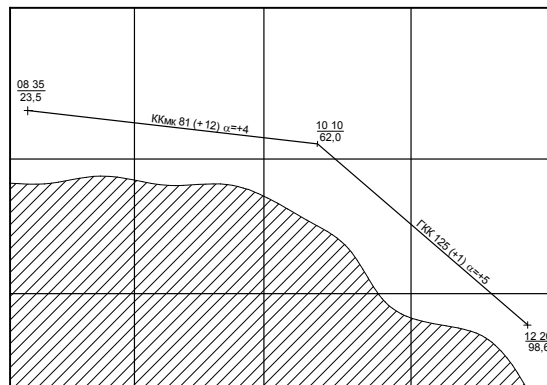
Над линией пути надписать величину компасного курса, поправки компаса и угла дрейфа.

Чтобы **определить счисляемое место** судна в любой момент (изменение курса, обсервация и др.), необходимо зафиксировать этот момент Т2 и отсчёт лага ОЛ2. Рассчитать расстояние, пройденное судном по данному направлению:

$$S_l = (ОЛ_2 - ОЛ_1) K_l,$$

Где  $K_l$  – коэффициент лага.

На линии ПУα с помощью измерительного циркуля отложить от исходной точки величину  $S_l$ , сняв её с боковой рамки карты на широте линии ПУα.



### Обратная задача (задан ПУα)

Нанести на карту исходную точку.

Из исходной точки проложить линию выбранного ПУα.

Рассчитать ИК, перевести его в компасный и задать рулевому.

При управлении судном по магнитному компасу:

$$КК_{мк} = ПУ\alpha - (\pm\alpha) - (\pm d) - (\pm\delta).$$

Девиация выбирается из таблицы девиации по магнитному курсу

$$МК = ИК - (\pm d),$$

а затем уточняется по  $КК_{мк}$ .

При управлении судном по гирокомпасу:

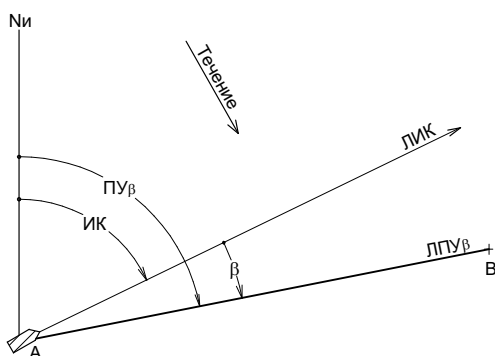
$$ГКК = ПУ\alpha - (\pm\alpha) - (\pm\Delta ГК).$$

Дальнейшие действия аналогичны прямой задаче.

### 6. Счисление пути судна с учетом постоянного течения.

Если судну необходимо перейти из точки  $A$  в точку  $B$  и при этом действует течение, как показано на рисунке, то диаметральной плоскости судна должна быть направлена не по линии  $AB$ , а под углом  $\beta$  к ней.

Направление движения судна с учётом течения определяется не углом ИК, а путевым углом на течении (ПУ $\beta$ ):



Как видно из рисунка:

$$ПУ\beta = ИК + \beta; *$$

$$IK = PY\beta - \beta;$$

$$\beta = \Pi \mathcal{U} \beta - \Pi K.$$

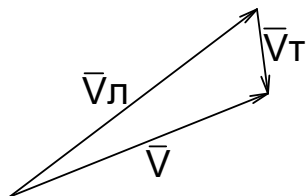
Угол  $\beta$  называется углом сноса на течения. Его величина зависит от скорости судна относительно воды ( $V_0$ ), истинного курса судна (ИК), скорости течения ( $V_T$ ) и направления течения (КТ). При изменении хотя бы одной из перечисленных величин изменяется угол сноса на течения  $\beta$ , а, следовательно, и направление движения судна ПУ $\beta$ .

Если на судне установлен относительный лаг, то есть лаг, измеряющий скорость относительно воды, то учет течения при ведении счисления осуществляется не аналитически по формулам\*, а графически путем построения на карте скоростного треугольника, сторонами которого являются векторы

$V_{\text{л}}$  – скорости судна относительно воды;

$V_T$  – скорости течения;

$V$  – скорости судна относительно грунта:



Таким образом при ведении счисления с учётом течения необходимо знать скорость течения  $V_T$

и направление течения КТ.

В зависимости от обстоятельств, решают или прямую задачу, когда задан КК и требуется рассчитать ПУВ, или обратную, когда задан ПУВ, а требуется рассчитать КК.

Прямая задача (задан КК)

Нанести на карту исходную точку счисления, указать возле неё момент начала движения  $T1$  и отсчет лага ОЛ1.

*Исправить компасный курс:*

$$IK = KK_{MK} + (\pm\delta) + (\pm d);$$

$$IK = \Gamma KK + \Delta \Gamma K;$$

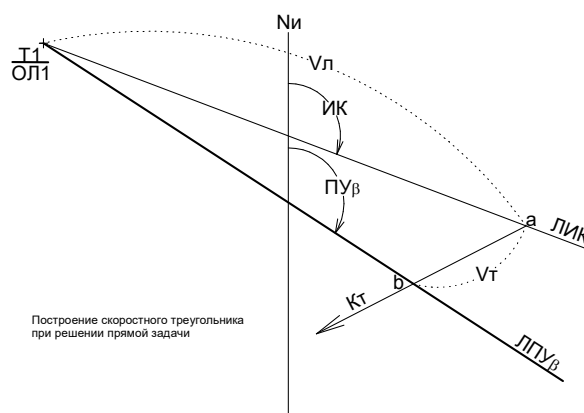
где  $\pm\delta$  – девиация (из таблицы девиации);

$\pm d$  – магнитное склонение (с карты);

 $\pm \Delta GK$  – поправка гирокомпаса.

От исходной точки  $T_1$  проложить линию ИК.

По линии ИК от исходной точки Т1 в приемлемом масштабе циркулем-измерителем отложить  $V_l$  (точка а).



От точки  $a$  проложить прямую по направлению  $KT$ .

По линии  $KT$  от точки  $a$  отложить  $Vt$  в таком же масштабе как и  $Vl$  (точка  $b$ ).

Провести прямую от исходной точки  $T1$  через точку  $b$ , получим линию ПУВ.

Транспортиром измерить величину ПУВ.

Чтобы **определить** **счислимое место** судна в любой момент (изменение курса, обсервация и др.), необходимо зафиксировать этот момент **T2** и отсчёт лага **ОЛ2**. Рассчитать расстояние, пройденное судном по данному направлению:

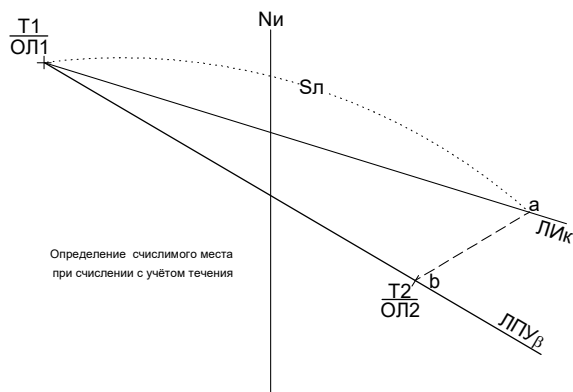
$$S_{\mathcal{L}} = (O\mathcal{L}_2 - O\mathcal{L}_1)K_{\mathcal{L}},$$

где  $Kл$  – коэффициент лага.

На линии ИК с помощью измерительного циркуля отложить от исходной точки величину  $S_4$ , сняв её с боковой рамки карты на широте линии ИК, получим точку  $a$ .



## Оформление прокладки



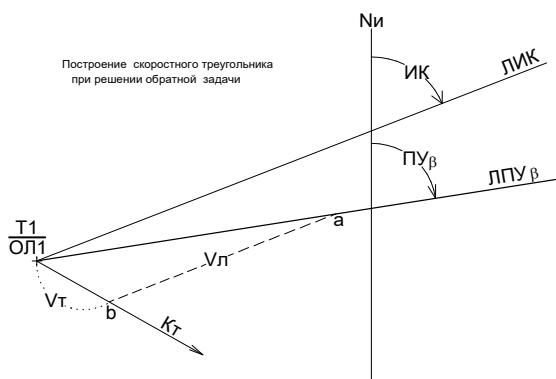
Точку *a* по направлению КТ перенести на линию ПУβ, получим точку *b*, которая и является счислимым местом судна в момент Т2.

### Обратная задача (задан ПУβ)

Нанести на карту исходную точку счисления, указать возле неё момент начала движения Т1 и отсчет лага ОЛ1.

От исходной точки Т1 проложить линию ПУβ.

От исходной точки Т1 проложить линию КТ.



По линии КТ от исходной точки Т1 в приемлемом масштабе отложить  $V_T$  (точка *b*).

Измерительным циркулем взять с боковой рамки карты  $V_L$  в таком же масштабе как и  $V_T$ .

Не меняя раствора циркуля, поставить одну ножку в точку *b*, а вторую на линию ПУβ, получим точку *a*.

Линия, проходящая через точки *b* и *a*, параллельна линии ИК. С помощью параллельной линейки проложить из исходной точки Т1 прямую, параллельную *ba*, получим Линию ИК.

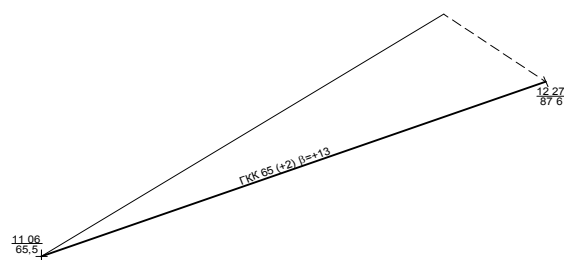
Транспортиром измерить ИК.

Перевести истинный курс в компасный:

$$ККмк = ИК - (\pm d) - (\pm \delta);$$

$$ГКК = ИК - \Delta ГК.$$

Методика определения счислимого места аналогична прямой задаче.



Угол сноса на течении  $\beta$  определяется как разность:

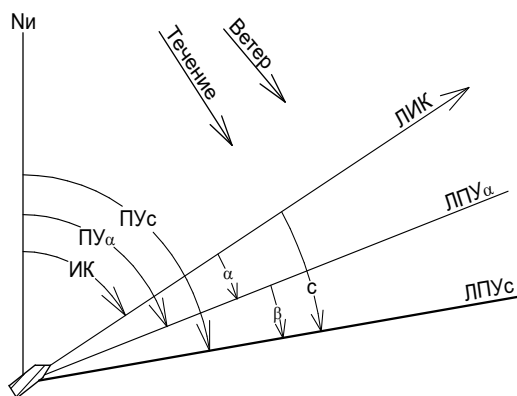
$$\pm \beta = ПУ\beta - ИК.$$

Угол сноса на течении  $\beta$  имеет знак +, если течение действует в левый борт и -, если в правый.

### 7. Счисление пути судна при одновременном учете дрейфа и течения

Судно с работающими двигателями при отсутствии ветра и течения перемещается по линии ИК, а судно, на которое воздействует ветер, по линии ПУа.

Если на судно одновременно воздействует ветер и течение, то оно перемещается по линии ПУс.



Направление движения судна при одновременном воздействии на него ветра и течения определяется углом ПУс.

$$PY_c = IK + \alpha + \beta;$$

$$ПУ_c = ИК + c;$$

где  $c = \alpha + \beta$  - суммарный угол сноса.

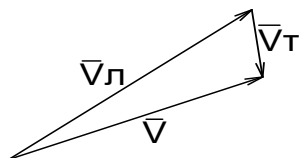
При ведении графического счисления с одновременным учётом дрейфа и течения, в зависимости от обстоятельств решают либо прямую задачу, когда задан КК, а требуется рассчитать ПУс, либо обратную, когда задан ПУс, а требуется рассчитать КК.

Если на судне установлен относительный лаг, то есть лаг, измеряющий скорость относительно воды, то задача по учёту дрейфа решается аналитически, а по учёту течения графически путём построения на карте скоростного треугольника, сторонами которого являются векторы:

$V_{л}$  – скорости судна относительно воды;

$V_T$  – скорости течения;

$V$  - скорости судна относительно грунта.



При ведении графического счисления с одновременным учётом дрейфа и течения необходимо знать величину угла дрейфа  $\alpha$ , направление течения  $KT$ , и скорость течения  $VT$ .

Прямая задача (задан КК)

Нанести на карту исходную точку счисления, указать возле неё момент начала движения  $T_1$  и

отсчет лага ОЛ1. Компасный курс исправить и  
рассчитать путевой угол при дрейфе ПУа

При управлении судном по магнитному компасу:

$$PU\alpha = KK_{\mathcal{M}K} + (\pm\delta) + (\pm d) + (\pm\alpha),$$

где  $\pm\delta$  – девиация (из таблицы девиации);

$\pm d$  – магнитное склонение (с карты);

$\pm\alpha$  – угол дрейфа.

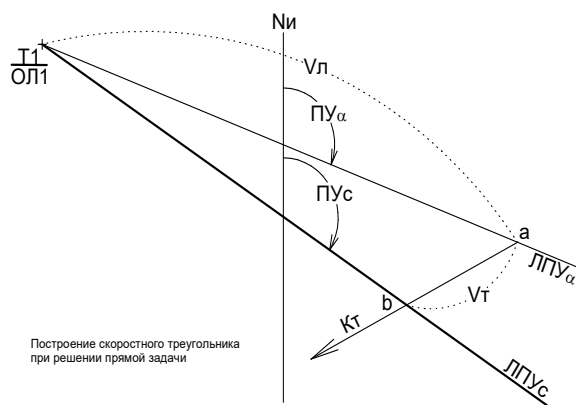
При управлении судном по гирокомпасу:

$$PY\alpha = \Gamma K K + (\pm \Delta \Gamma K) + (\pm \alpha),$$

где  $\pm \Delta GK$  – поправка гирокомпаса.

От исходной точки  $T_1$  проложить линию ПУа.

По линии ПУа от исходной точки Т1 в приемлемом масштабе циркулем-измерителем отложить  $V_d$  (точка а).



От точки  $a$  проложить прямую по направлению  $KT$ .

По линии КТ от точки а отложить VT в таком же масштабе как и Vл (точка б).

Провести прямую от исходной точки  $T_1$  через точку  $b$ , получим линию ПУс.

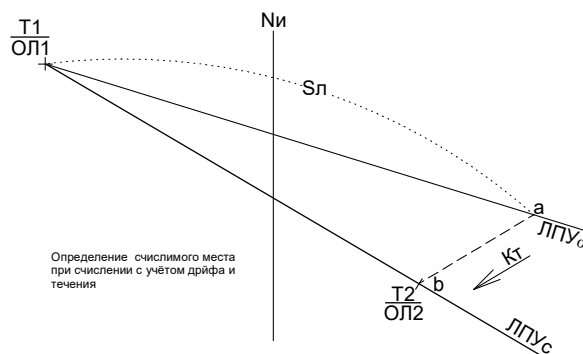
Транспортиром измерить величину ПУс.

Чтобы **определить** **счислимое место** судна в любой момент (изменение курса, обсервация и др.), необходимо **зафиксировать** этот момент **T2** и **отсчёт лага ОЛ2**. Рассчитать **расстояние**, пройденное судном по данному направлению:

$$S_{\mathcal{L}} = (O\mathcal{L}_2 - O\mathcal{L}_1)K_{\mathcal{L}},$$

где  $Kл$  – коэффициент лага.

На линии  $ПУ\alpha$ , с помощью измерительного циркуля отложить от исходной точки величину  $S\lambda$ , сняв её с боковой рамки карты на широте линии  $ПУ\alpha$ , получим точку  $a$ .



Точку  $a$  по направлению КТ перенести на линию ПУс, получим точку  $b$ , которая и является считаемым местом судна в момент  $T_2$ .

Обратная задача (задан ПУс)

Нанести на карту исходную точку счисления, указать возле неё момент начала движения  $T1$  и отсчет лага  $ОЛ1$ .

От исходной точки  $T1$  проложить линию ПУс.

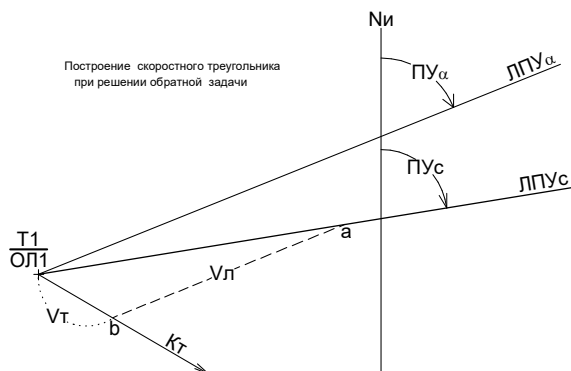
От исходной точки  $T1$  проложить линию  $КТ$ .

Измерительным циркулем взять с боковой рамки карты  $Vл$  в таком же масштабе как и  $Vт$ .

Не меняя раствора циркуля, поставить одну ножку в точку  $b$ , а вторую на линию ПУс, получим точку  $a$ .

Линия, проходящая через точки  $b$  и  $a$ , параллельна линии ПУа. С помощью параллельной линейки проложить из исходной точки  $T1$  прямую, параллельную  $ba$ , получим Линию ПУа.

Транспортиром измерить ПУа.



По линии  $КТ$  от исходной точки  $T1$  в приемлемом масштабе отложить  $Vт$  (точка  $b$ ).

Рассчитать ИК, перевести его в компасный и задать рулевому.

При управлении судном по магнитному компасу:

$$ККмк = ПУа - (\pm\alpha) - (\pm d) - (\pm\delta).$$

Девияция выбирается из таблицы девиации по магнитному курсу

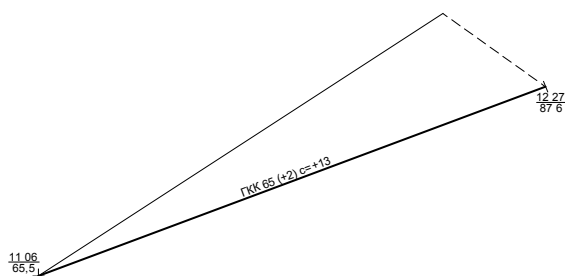
$$МК = ИК - (\pm d),$$

а затем уточняется по  $ККмк$ .

При управлении судном по гирокомпасу

$$ГКК = ПУа - (\pm\alpha) - (\pm\Delta ГК).$$

Методика определения счислимого места аналогична прямой задаче.

Оформление прокладки

Угол сноса на течении  $\beta$  определяется как разность:

$$\pm\beta = ПУс - ПУа.$$

Угол сноса на течении  $\beta$  имеет знак  $+$ , если течение действует в левый борт и  $-$ , если в правый.

Суммарный угол сноса  $\Sigma$  определяется как разность:

$$\pm c = ПУс - ИК.$$

Контроль:

$$\pm c = (\pm\alpha) + (\pm\beta).$$

## 8. Основы определения места судна методом observations.

Определение места судна только методом счисления пути не удовлетворяет требованиям безопасности мореплавания. Погрешности счисления накапливаются, и точность места судна снижается пропорционально пройденному по счислению расстоянию. Поэтому основным методом судовождения является счисление пути, корректируемое observations.

**Обсервация** это определение места судна по измерениям навигационных параметров навигационных ориентиров с известными координатами.

В качестве **навигационных ориентиров** используются наземные и космические объекты.

К ним относятся.

Наземные средства навигационного оборудования: маяки, радиомаяки, радионавигационные системы, огни, знаки.

Приметные естественные ориентиры:

мысы, вершины гор, рельеф дна.

Приметные искусственные сооружения: башни, мачты, трубы и т.п.

Небесные светила: Солнце, Луна, звёзды и планеты.

Навигационные искусственные спутники Земли (НИСЗ).

Для определения места судна методом observations измеряют навигационные параметры – геометрические величины, зависящие от взаимного расположения судна и ориентира:

- направление (пеленг) с судна на ориентир;
- направление (пеленг) с ориентира на судно;
- расстояние между судном и ориентиром;
- горизонтальный угол (разность пеленгов двух ориентиров);
- разность расстояний до двух ориентиров;
- угловая высота наземного ориентира;
- угловая высота светила и др.

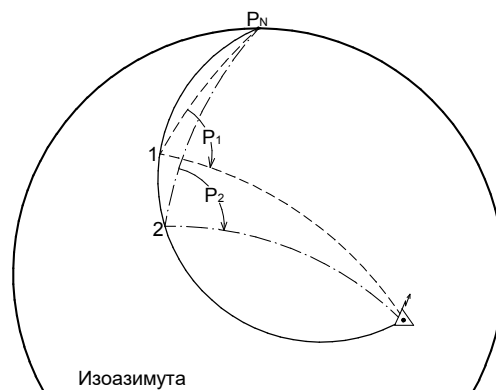
Каждому навигационному параметру соответствует своя изолиния, занимающая определённое положение на поверхности Земли относительно ориентира.

**Навигационная изолиния** – это линия на поверхности Земли, каждая точка которой соответствует одному и тому же значению навигационного параметра (или линия равных значений навигационного параметра).

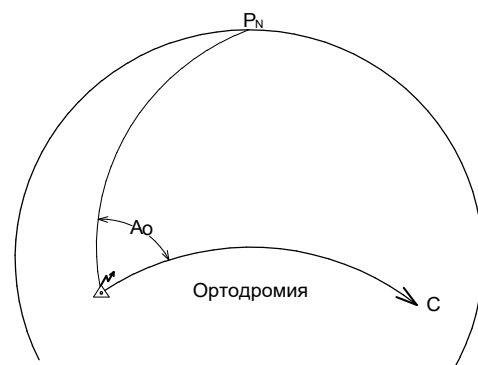
Измерив навигационный параметр  $U$ , можно утверждать, что судно в момент измерения находилось где-то на навигационной изолинии  $U = f(\varphi, \lambda)$ , соответствующей этому параметру.

Наиболее распространённым в судовождении навигационным параметрам соответствуют следующие навигационные изолинии

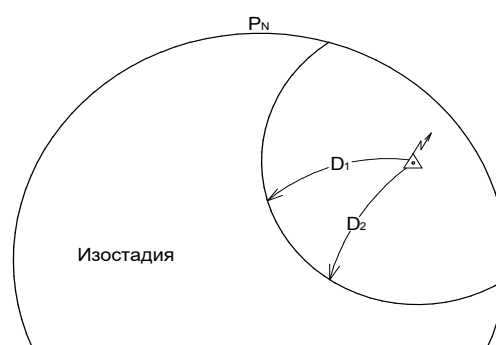
**Изоазимута** – изолиния пеленга на ориентир, – линия, в каждой точке которой угол  $\Pi$  между истинным меридианом и ортодромией, проходящей через ориентир, постоянная величина.



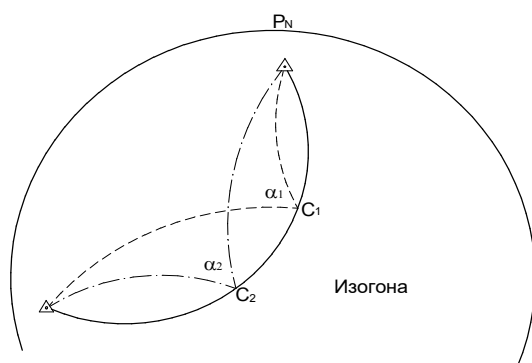
**Ортодромия** – изолиния пеленга с ориентира на судно – линия, пересекающая меридиан ориентира под постоянным углом  $\Pi_o$ .



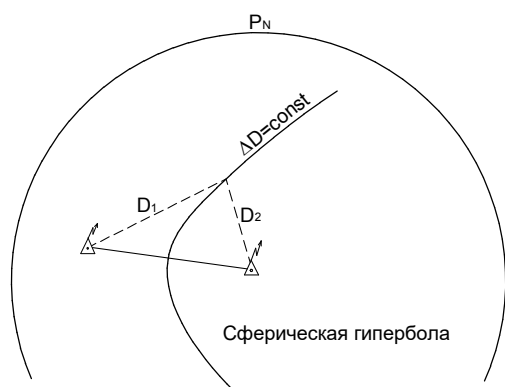
**Изостадия** – изолиния расстояния от судна до ориентира – сферическая окружность, проведённая из точки, в которой расположен ориентир, радиусом, равным измеренному расстоянию  $D$ .



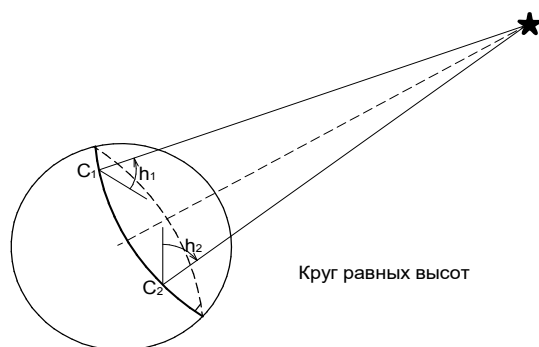
**Изогона** – изолиния горизонтального угла или разности пеленгов – кривая, проходящая через ориентиры, и вмещающая измеренный угол  $\alpha$ .



**Сферическая гипербола** – изолиния разности расстояний от судна до двух ориентиров – линия, в каждой точке которой разность расстояний  $\Delta D$  – постоянная величина.



**Круг равных высот** – изолиния угловой высоты светила (высотная изолиния) – сферическая окружность, проведённая из географического места светила (полюса освещения), как из центра, радиусом, равным зенитному расстоянию светила.



Одному измеренному навигационному параметру,  $U$  соответствует одно уравнение навигационной изолинии типа

$$U = f(\varphi, \lambda).$$

Две искомые координаты судна  $\varphi$  и  $\lambda$  определить по одному уравнению невозможно, следовательно одного навигационного параметра (НП) недостаточно для определения места судна.

Если же одновременно измерить два НП  $U_1$  и  $U_2$  относительно двух навигационных ориенти-

ров, то можно составить систему из двух уравнений с двумя неизвестными  $\varphi$  и  $\lambda$ :

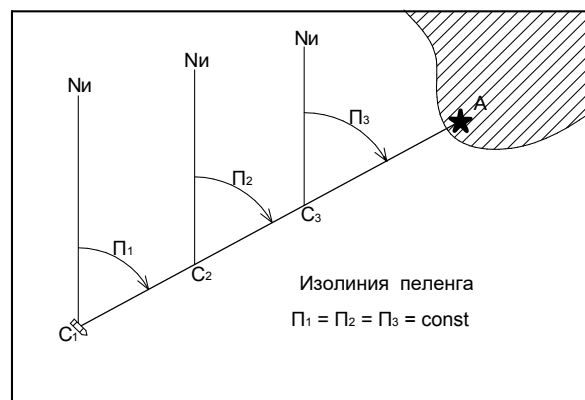
$$U_1 = f_1(\varphi, \lambda);$$

$$U_2 = f_2(\varphi, \lambda).$$

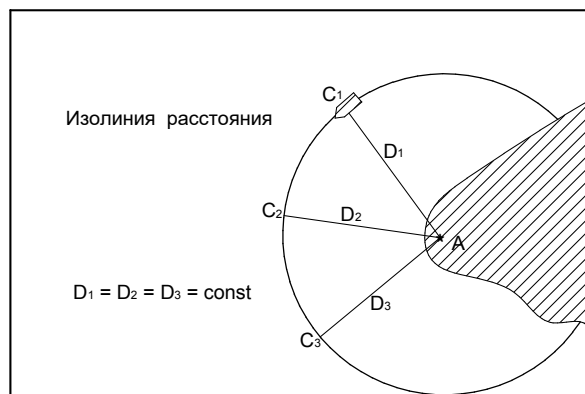
Решение этой системы уравнений даёт искомые координаты судна  $\varphi$  и  $\lambda$ . Такой метод называется **аналитический**. Он осуществим только с использованием ЭВМ, ввиду сложности.

**При плавании вблизи берегов**, когда ориентиры находятся на дальности визуального контакта, навигационные изолинии изображаются на карте простыми линиями – прямыми или окружностями. В этом случае применяется графический метод observations.

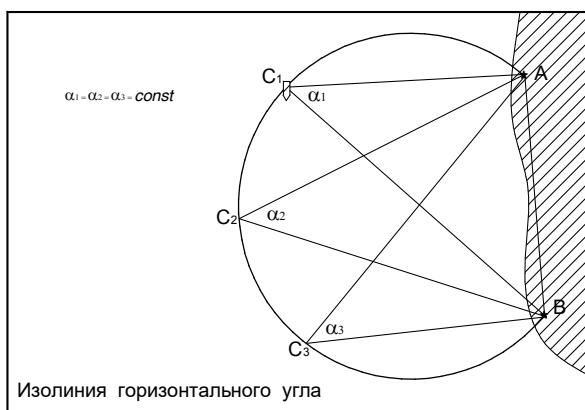
**Изолиния пеленга** – прямая, проходящая через точку, обозначающую ориентир.



**Изолиния расстояния** – окружность с центром в точке, обозначающей ориентир и радиусом, равным измеренному расстоянию.



**Изолиния горизонтального угла** – окружность, вмещающая, измеренный горизонтальный угол, и проходящая через ориентиры и observed место судна.



ординаты ( $\phi_0$  и  $\lambda_0$ ), направление и величина невязки.

### Порядок работы при визуальных способах наблюдений

Определение обсервованного места судна графическим методом производится в следующей последовательности.

1. По навигационной карте относительно счислимого места судна выбираются ориентиры. Предпочтение отдаётся близлежащим ориентирам, разность между пеленгам на которые близка к  $90^\circ$  (в любом случае не меньше  $30^\circ$ ).
2. Выбранные ориентиры опознаются по их характеристикам (внешнему виду, режиму работы).
3. Производится точное измерение навигационных параметров с фиксацией момента и отсчёта лага.
4. Измеренные навигационные параметры исправляются поправками в результате чего получают обсервованные навигационные параметры (НП).
5. Рассчитывается счислимое место, соответствующее моменту измерения последнего НП.
6. Производится приведение измерений к одному моменту.
7. Прокладываются навигационные изолинии, соответствующие исправленным и приведенным к одному моменту навигационным параметрам.
8. В точке пересечения навигационных изолиний получают обсервованное место судна, которое обозначается соответствующим условным знаком, моментом и отсчётом лага.
9. Определяются координаты обсервованного места, направление и величина невязки.
10. Рассчитывается средняя квадратическая погрешность (СКП) наблюдения.
11. Производится запись наблюдения на правую страницу судового журнала: момент, отсчёт лага, названия ориентиров, измеренные навигационные параметры, поправки, которыми исправлялись измеренные навигационные параметры, обсервованные ко-



## 9. Определение места судна по двум горизонтальным углам.

Преимуществами способа является высокая точность, так как углы измеряют с помощью секстана с точностью до  $0,2^\circ$ , а также отсутствие необходимости применять какие-либо технические средства навигации.

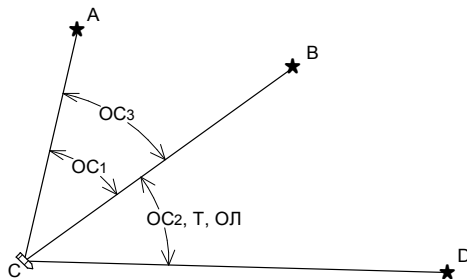
Недостатками являются сравнительно высокая трудоёмкость, необходимость иметь в видимости судна не менее трёх ориентиров, что бывает не всегда, и наличие случаев неопределённости.

### Порядок выполнения наблюдений.

Подобрать и опознать хорошо видимые, обозначенные на карте три ориентира. Желательно, чтобы ориентеры располагались как можно ближе к одной горизонтальной плоскости, и ближе к плоскости горизонта наблюдателя.

Подготовить секстан, определить поправки.

Измерить три угла между направлениями на три ориентира по схеме, как показано на нижеприведённом рисунке.



Зафиксировать момент  $T$  и отсчёт лага  $ОЛ$  измерения второго угла.

Два измерения первого угла усреднить:

$$OC_{1cp} = (OC_1 + OC_3)/2.$$

Повторное измерение первого угла с последующим усреднением является одним из методов приведения измерений к одному моменту, и делается для повышения точности наблюдения. Для повышения точности можно также измерять два угла одновременно двум судоводителям, прижавшись друг к другу спиной, по сигналу.

Отсчёты секстана исправить поправкой:

$$\alpha = OC_{1cp} + (i + s);$$

$$\beta = OC_2 + (i + s).$$

Нанести на линии пути считаемое место судна на момент измерения второго угла.

Нанести наблюдаемое место судна, снять наблюдаемые координаты, невязку и записать в судовую журнал (образец):

17 40,  $ОЛ = 22,8$ ,  $Мк$  Немецкий –  $OC_1 = 76^\circ 32,5'$  –  $ог$ . Лазарь –  $OC_2 = 30^\circ 11,3'$  –  $Мк$  Цыпнаволоцкий,  $i + s = +7,0'$ .  $\varphi_o = 69^\circ 55,6'N$ ;  $\lambda_o = 30^\circ 52,6'E$ ;

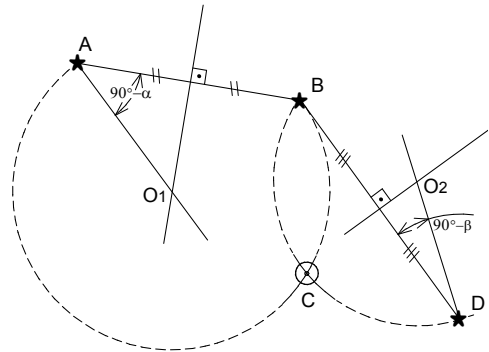
$C = 25^\circ - 0,8$  мили.

## Нанесение наблюдаемого места судна на карту.

**Графический метод.** Для нанесения наблюдаемой точки на карту при визуальных методах наблюдений необходимо прокладывать изолинии. Изолинией горизонтального угла является окружность, которая проходит через два ориентира и вмещает измеренный угол. Для построения окружности с помощью циркуля необходимо знать центр этой окружности. Графический метод заключается в нахождении центра вмещающей окружности.

### Порядок работы.

Через середины отрезков, соединяющих ориентеры,  $AB$  и  $BD$ , провести перпендикуляры.



У левого ориентера,  $A$ , построить угол, равный  $90^\circ - \alpha$ . В пересечении стороны этого угла с перпендикуляром, проходящим через середину отрезка  $AB$ , получим центр,  $O_1$ , вмещающей окружности, являющейся изолинией горизонтального угла  $\alpha$ .

У правого ориентера,  $D$ , построить угол, равный  $90^\circ - \beta$ . В пересечении стороны этого угла с перпендикуляром, проходящим через середину отрезка  $BD$ , получим центр,  $O_2$ , вмещающей окружности, являющейся изолинией горизонтального угла  $\beta$ .

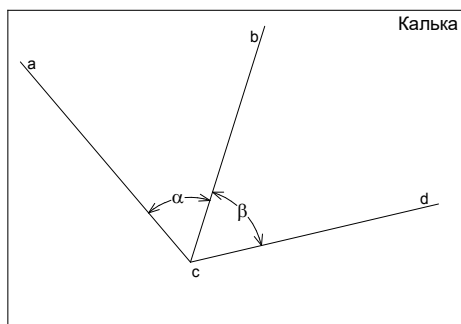
Если угол  $\alpha$  или  $\beta$  меньше  $90^\circ$ , то сторона угла  $90^\circ - \alpha$  или  $90^\circ - \beta$  пройдёт в сторону моря. Если же угол  $\alpha$  или  $\beta$  больше  $90^\circ$ , то сторона угла  $90^\circ - \alpha$  или  $90^\circ - \beta$  пройдёт в сторону берега (на вышеприведённом рисунке  $\alpha < 90^\circ$ ,  $\beta > 90^\circ$ ).

Чертёжным циркулем провести окружности. Из центра  $O_1$  – через точки  $A$  и  $B$ , а из центра  $O_2$  – через точки  $B$  и  $D$ .

Изолинии пересекутся в двух точках, одна из которых,  $B$ , средний ориентир, а другая,  $C$ , – наблюдаемое место судна.

Наблюдаемое место судна можно нанести на карту с помощью протрактора. Протрактор состоит из трёх линеек и круговой шкалы. Центральная линейка неподвижна относительно шкалы, а левая и правая поворачиваются, и устанавливаются на углы  $\alpha$  и  $\beta$ . Затем три линейки совмещаются с ориентирами на карте, между которыми измерялись углы, и в центре круговой шкалы отмечается наблюдаемая точка.

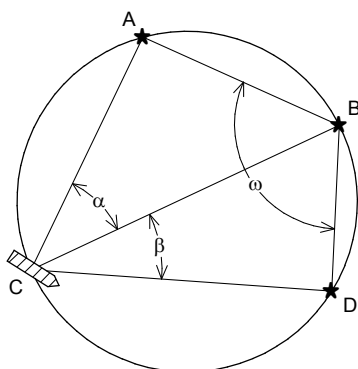
Обсервованную точку можно нанести на карту **с помощью кальки**. Для этого на листе кальки наносится точка  $c$ , из которой проводятся три луча,  $a$ ,  $b$  и  $d$ , под углами  $\alpha$  и  $\beta$ .



Затем калька накладывается на карту, линии  $a$ ,  $b$  и  $d$  совмещаются с ориентирами  $A$ ,  $B$  и  $D$ , между которыми измерялись углы. В точке  $c$  делается прокол, в результате получаем обсервованную точку.

### Случай неопределённости

Если все три ориентира и судно находятся приблизительно на одной окружности, то место судна определить невозможно – это, так называемый, случай неопределённости.



Признак случая неопределённости:

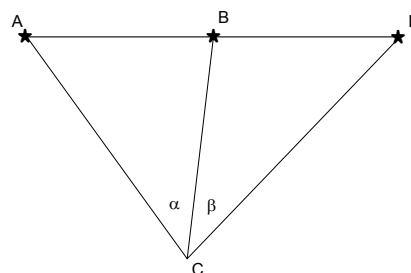
$$\alpha + \beta + \omega \approx 180^\circ.$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – горизонтальные углы между ориентирами;

$\omega$  – угол при среднем ориентире.

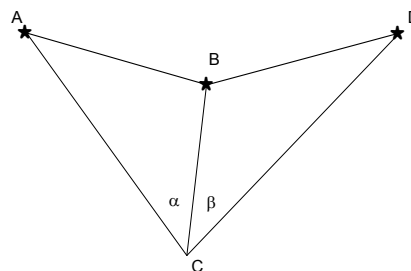
Для исключения случая неопределённости необходимо правильно подбирать ориентиры для наблюдения. Неопределённость не возникает, если ориентиры расположены, относительно судна следующим образом.

1. Ориентиры расположены приблизительно на одной прямой:

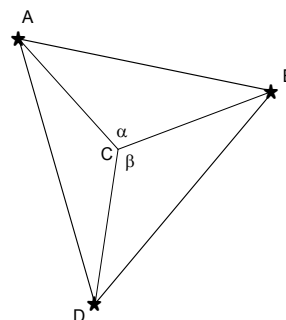


2.

Средний ориентир расположен ближе к судну, чем крайние:



3. Судно находится внутри треугольника, вершинами которого являются ориентиры:



## 10.1. Определение места судна по двум пеленгам.

Наиболее распространённый способ observations по визуально наблюдаемым ориентирам. Его достоинства – простота, малая трудоёмкость, достаточная надёжность. Недостаток – отсутствие контроля, поэтому обнаружить промах или ошибку в опознании ориентира не всегда удаётся.

Порядок выполнения observations.

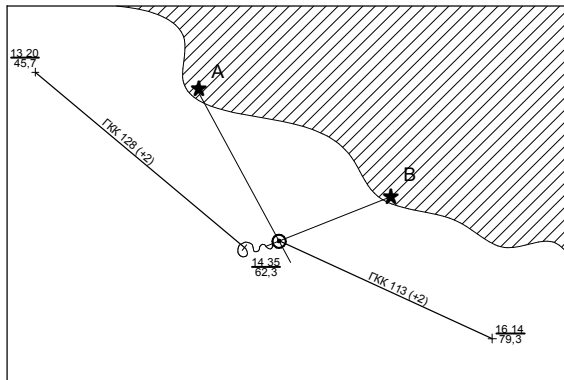
Подобрать и опознать хорошо видимые и обозначенные на карте два ориентира, так, чтобы линии пеленгов составляли угол возможно ближе к  $90^\circ$  (если менее  $30^\circ$ , observations является ненадёжной).

В быстрой последовательности взять два пеленга, зафиксировать момент  $T$  и отсчёт лага ОЛ взятия второго пеленга:

Компасные пеленги исправить поправкой компаса, рассчитанной для того курса, на котором судно лежало в момент пеленгования.

Нанести на линии пути счислимое место судна на момент взятия пеленгов.

Проложить линии пеленгов – прямые, проходящие через ориентиры в виде коротких отрезков вблизи счислимого места. В точке их пересечения получим observed место судна на момент взятия пеленгов.



Записать в судовом журнале (образец):  
06 20, ОЛ=44,5, Мк Кийский ГКП =  $88,0^\circ$ ,  $\Delta\text{ГК} = +2,0^\circ$ , Мк Айновский ГКП =  $211,5^\circ$ ,  $\Delta\text{ГК} = +2,0^\circ$ ,  $\phi_0 = 69^\circ 54,4'N$ ,  $\lambda_0 = 31^\circ 41,8'E$ ,  $C = 120^\circ - 0,6$  мили.

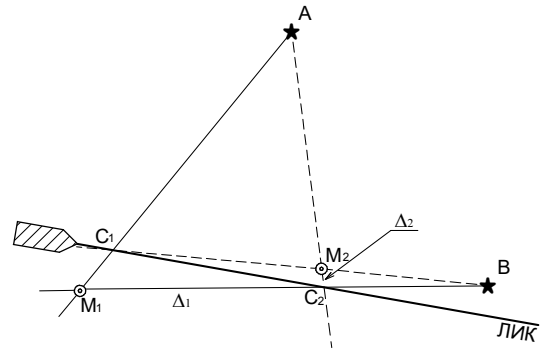
На **точность** observed места оказывают влияние следующие факторы:

- очередность пеленгования ориентиров;
- скорость судна;
- систематическая погрешность (ошибка в поправке компаса).

### Влияние на точность observations очередности пеленгования ориентиров

Судно, перемещаясь по линии ПУ, и, находясь в точке  $C1$ , берёт первый пеленг, а, находясь в точке  $C2$ , второй пеленг. Одномоментное пеленгование невозможно, и  $C1C2$  – расстояние, прохо-

димое судном за время между моментами взятия пеленгов.  $C1$  и  $C2$  теоретически предполагаемые истинные места судна. Ориентир  $A$  находится вблизи траверза, а ориентир  $B$  на остром КУ.



Если сначала пеленговать ориентир  $A$ , а затем  $B$ , то получим место судна в точке  $M1$  и ошибку observations  $\Delta 1$ .

Если изменить очередность пеленгования, то есть сначала взять пеленг на ориентир  $B$ , а затем на ориентир  $A$ , то получим observed место судна в точке  $M2$  и ошибку observations  $\Delta 2$ .

Как видно из рисунка,  $\Delta 2$  меньше  $\Delta 1$ . При этом также величина изменения пеленга  $\Delta\text{П}2$  меньше  $\Delta\text{П}1$ . То есть пеленг на ориентир  $B$ , находящийся на остром КУ, меняется медленнее, чем пеленг на ориентир  $A$ , расположенный близко к траверзу.

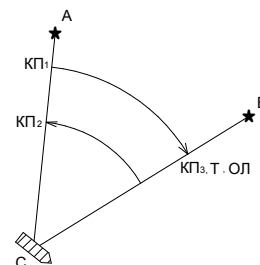
**Вывод.** Первыми нужно пеленговать ориентиры, расположенные на более остром КУ (ближе к диаметральной плоскости).

При других способах observations первыми нужно измерять те навигационные параметры, которые изменяются медленнее.

### Влияние на точность observations скорости судна

Чем больше скорость судна, тем большее расстояние оно проходит за время между моментами взятия пеленгов, и тем ниже точность observed места.

Если скорость судна больше 15 узлов, то для повышения точности observed места пеленги приводят к одному моменту следующим методом.



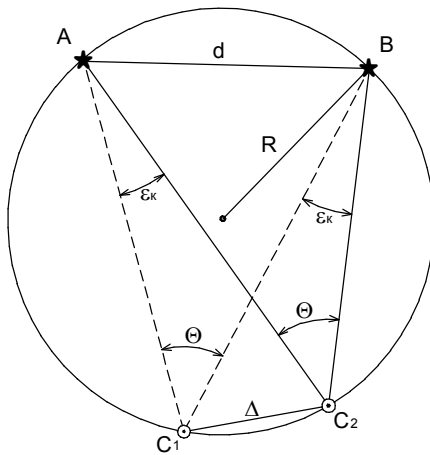
Берут пеленг первого ориентира, затем второго, фиксируют момент  $T$  и отсчёт лага ОЛ, и снова пеленгуют первый ориентир.

Два компасных пеленга первого ориентира усредняют:

$$\text{КП1ср} = (\text{КП1} + \text{КП2}) / 2.$$

Далее действуют, как сказано выше.

### Влияние на точность observations систематической погрешности



На вышеприведенном рисунке:

$d$  – расстояние между ориентирами;

$C_1$  – observed место судна при отсутствии систематической погрешности;

$\Theta$  – угол между линиями пеленгов;

$\epsilon_k$  – систематическая погрешность (ошибка в поправке компаса);

$C_2$  – observed место судна при наличии систематической погрешности;

$R$  – радиус вмещающей окружности;

$\Delta$  – линейная ошибка observations.

Observed точки  $C_1$  и  $C_2$  лежат на окружности, вмещающей углы между линиями пеленгов  $\Theta$ , так как величина этого угла не зависит от наличия и величины систематической погрешности. При вычитании

$$\Theta = (КП_1 + \Delta K + \epsilon_k) - (КП_2 + \Delta K + \epsilon_k)$$

эта погрешность взаимно уничтожается.

На основании теоремы «отношение хорды к радиусу окружности равно удвоенному синусу вписанного угла, вершина которого лежит на окружности, а сам этот угол опирается на данную хорду»:

$$d/R = 2\sin\Theta; \quad \Delta/R = 2\sin\epsilon_k.$$

Разделив второе уравнение на первое, получим:

$$\Delta/d = \sin\epsilon_k/\sin\Theta \quad \text{или} \quad \Delta = d\sin\epsilon_k/\sin\Theta.$$

Из этой формулы видно, величина линейной ошибки observations  $\Delta$  тем меньше, чем меньше расстояние между ориентирами  $d$ , и чем ближе угол между линиями пеленгов  $\Theta$  к  $90^\circ$ .

## 10.2. Определение места судна по трём пеленгам.

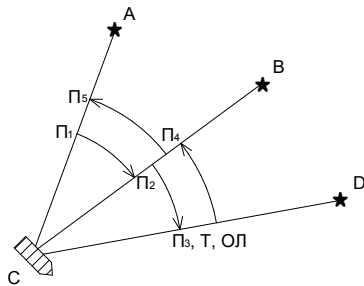
Преимуществами способа определения места судна по трём пеленгам являются простота и надёжность (третья изолиния является контрольной). Недостатком – необходимость иметь в видимости три ориентира, что бывает не всегда.

Порядок выполнения наблюдений.

Подобрать и опознать хорошо видимые и обозначенные на карте три ориентира, так, чтобы линии пеленгов рядом расположенных ориентиров составляли угол возможно ближе к  $60^\circ$  или  $120^\circ$ .

В быстрой последовательности взять пять пеленгов на три ориентира

-КП1, КП2, КП3, Т, ОЛ, КП4, КП5-, зафиксировать момент Т и отсчёт лага ОЛ взятия третьего пеленга:

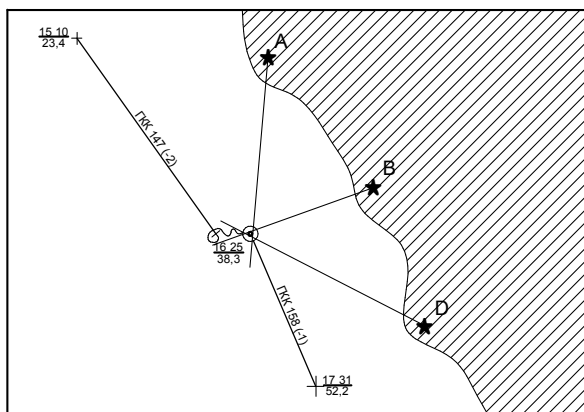


Усреднить повторенные пеленги:

$$КП1_{ср} = (КП1 + КП5)/2;$$

$$КП2_{ср} = (КП2 + КП4)/2.$$

Повторное взятие пеленгов с последующим усреднением является одним из методов приведения измерений к одному моменту и осуществляется для повышения точности observations. Если скорость судна до 12 узлов, то можно брать только три пеленга.



Компасные пеленги исправить поправкой компаса, рассчитанной для того курса, на котором судно лежало в момент пеленгования.

Нанести на линии пути счислимое место судна на момент взятия пеленгов.

Проложить линии пеленгов - прямые, проходящие через ориентиры в виде коротких отрезков вблизи счислимого места. В точке их

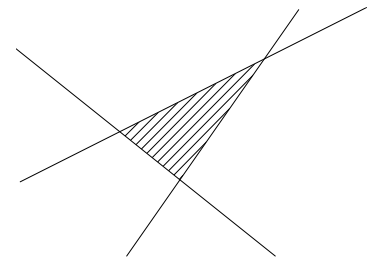
пересечения получим observed место судна на момент взятия пеленгов.

Записать observations в судовом журнале (образец):

06 20, ОЛ=44,5, Мк Кийский ГКП =  $88,0^\circ$ ,  $\Delta ГК = +2,0^\circ$ , Мк Земляной ГКП =  $157,5^\circ$ ,  $\Delta ГК = +2,0^\circ$ , Мк Айновский ГКП =  $211,5^\circ$ ,  $\Delta ГК = +2,0^\circ$ ,  $\phi_0 = 69^\circ 54,4' N$ ,  $\lambda_0 = 31^\circ 41,8' E$ ,  $C = 120^\circ - 0,6$  мили.

### Треугольник погрешностей

Если бы при определении места судна по трём пеленгам измерения и обработка результатов были безошибочны, то все три изолинии пересеклись бы в одной точке. Однако полностью все погрешности исключить невозможно. Изолинии не пересекаются в одной точке, а образуют так называемый треугольник погрешностей.



Основные причины появления треугольника погрешностей следующие.

Промахи. Для их исключения необходимо повторить наблюдения и расчёты.

Ошибки в опознании ориентиров. Для их исключения необходимо повторить наблюдения или выбрать другие ориентиры.

Случайные погрешности. Полностью исключить их невозможно. Можно лишь уменьшить их величину, соблюдая сосредоточенность, аккуратность, внимательность, производить серию измерений и усреднять результаты. Из-за влияния только случайных погрешностей сторона треугольника не превышает 5 мм и место судна принимается в его центре.

Погрешности из-за неодновременности взятия пеленгов. Для их уменьшения необходимо правильно выбирать очередность пеленгования и приводить измерения к одному моменту.

Систематические погрешности (или ошибки в поправке компаса). Устраняются графически – методом разгонки треугольника погрешностей.

### Разгонка треугольника погрешностей

Три компасных пеленга на три ориентира можно преобразовать в три горизонтальных угла путём вычитания:

$$\alpha = (КП2 + \Delta К) - (КП1 + \Delta К) = ИП2 - ИП1;$$

$$\beta = (КП3 + \Delta К) - (КП2 + \Delta К) = ИП3 - ИП2;$$

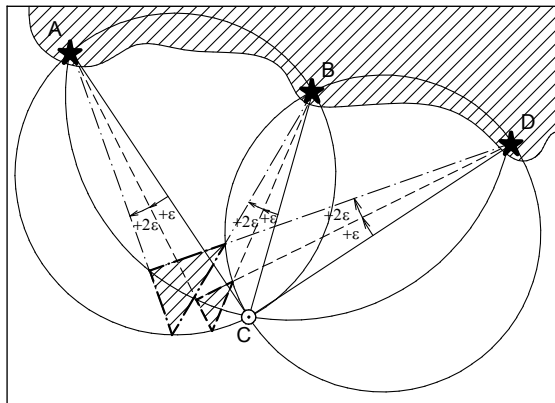
$$\alpha + \beta = (КП3 + \Delta К) - (КП1 + \Delta К) = ИП3 - ИП1.$$

Как видно из вышеприведенных выражений, величины углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\alpha + \beta$  не зависят от нали-



чия ошибки в поправке компаса, так как при вычитании она взаимно уничтожается.

Изолинии горизонтальных углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\alpha + \beta$  (вмещающие окружности) пересекаются в одной точке, которая является наблюдаемым местом судна, в этой же точке пересекаются линии истинных пеленгов на три ориентира:



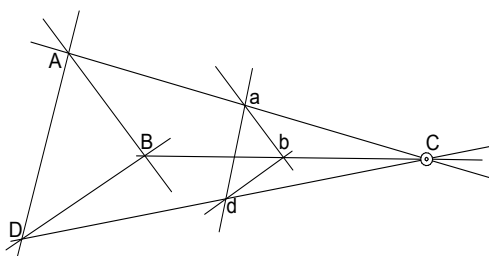
Если изменять поправку компаса  $\Delta K$  на одну и ту же величину,  $\epsilon$ , (то есть вводить постоянную ошибку), вершины треугольников погрешности будут скользить по вмещающим окружностям, так как углы  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\alpha + \beta$  не изменятся.

Это свойство треугольника погрешностей используется при устранении влияния систематической ошибки в принимаемой поправке компаса.

#### Порядок работы.

Исправленные пеленги проложить на карте.

Если получается треугольник погрешностей, уменьшить или увеличить все три пеленга на 2 - 3° и снова проложить. Получится новый треугольник погрешностей, больше или меньше первого.



Проложить через сходственные вершины треугольников прямые в точке пересечения которых получим наблюдаемое место судна. Здесь дуги окружностей ввиду их малой кривизны заменены на прямые, что практически не уменьшает точность наблюдаемого места.



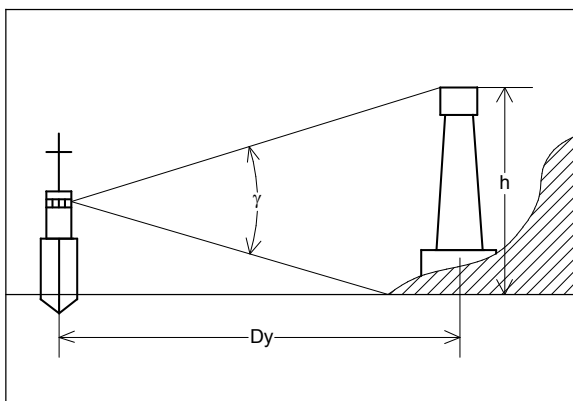
## 11. Определение места судна по расстояниям.

Основной метод измерения расстояний до навигационных ориентиров в прибрежном плавании – с помощью судовой радиолокационной станции. Резервным является метод определения расстояний по вертикальному углу, измеренному секстансом.

### Определение расстояния до ориентира по вертикальному углу

Если известна высота ориентира над уровнем моря  $h$ , а высоту глаза наблюдателя над уровнем моря принять  $e=0$ , тогда, измерив вертикальный угол  $\gamma$ , можно рассчитать расстояние до ориентира

$$Dy = h / \operatorname{tg} \gamma^*.$$



Если  $Dy$  выражать в морских милях,  $h$  в метрах,  $\gamma$  в дугowych минутах,  $\operatorname{tg} \gamma$  заменить самим углом  $\gamma$  ввиду его малости, то формула \* приобретёт вид

$$Dy = 1,86 \cdot h / \gamma.$$

Эта формула является приближённой, ею можно пользоваться на небольших расстояниях, когда ориентир находится в пределах дальности видимого горизонта. В этой формуле не учтена высота глаза над уровнем моря, сфероидичность Земли, атмосферная рефракция.

Точная формула, а также вычисленная по ней таблица приведены в Мореходных таблицах МТ-2000.

### Определение места судна по двум расстояниям

Выбрать два хорошо видимых, обозначенных на карте ориентира с известными высотами. Угол между линиями пеленгов ориентиров должны быть в пределах от  $30^\circ$  до  $150^\circ$ .

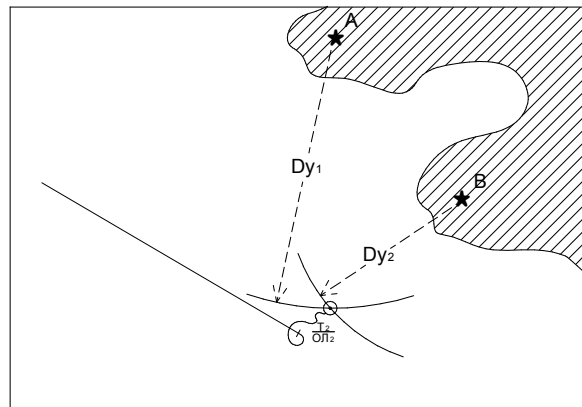
Первым измерить вертикальный угол того ориентира, который расположен ближе к траверзу, так как расстояние до него изменяется медленнее. Затем измерить вертикальный угол второго ориентира, зафиксировать момент  $T$  и отсчёт лага  $ОЛ$ . И снова измерить вертикаль-

ный угол первого ориентира. Повторенные измерения усреднить

$$OC_{1cp} = (OC_1 + OC_3) / 2.$$

Эта операция называется приведение измерений к одному моменту. Её цель – повышение точности обсервованного места.

Рассчитать  $Dy_1$  и  $Dy_2$ . С помощью циркуля проложить изолинии (окружности с центрами в точках, обозначающих ориентиры и радиусами, равными  $Dy_1$  и  $Dy_2$  в масштабе карты). В точке пересечения изолиний получим обсервованное место.



Снять координаты и невязку, записать в судовой журнал (образец):

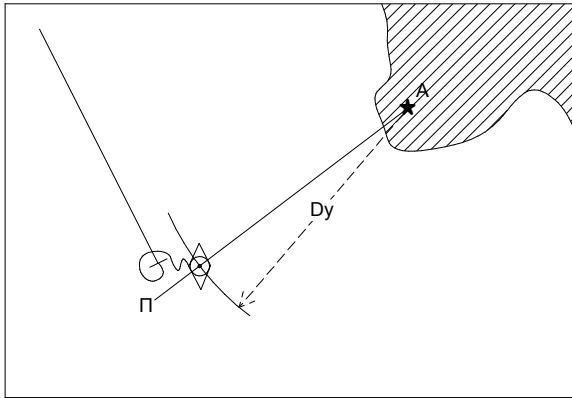
16 20 ОЛ = 37,6. Мк Цыпнаволоцкий ОС = 15,6',  $i+s = +1,5'$ ,  $h = 30$  м,  $Dy = 5,6$  миль, Мк Лазарь ОС = 11,4',  $i+s = +1,5'$ ,  $h = 20$  м,  $Dy = 6,4$  миль.  $\phi_o = 69^\circ 59,3' N$ ,  $\lambda_o = 33^\circ 20,3' E$ ,  $C = 20^\circ - 1,5$  мили.

## 12. Определение места судна комбинированными способами.

Обсервации по разнородным навигационным параметрам называются комбинированными. Их применяют при особых обстоятельствах.

### Определение места судна по пеленгу и расстоянию

Если в видимости судна имеется только один ориентир и при этом известна его высота над уровнем моря  $h$ , можно взять на него пеленг и определить расстояние по вертикальному углу, измеренному секстаном,  $Dy$ . Получим две изолинии, пересекающиеся под углом  $90^\circ$ .



Если ориентир находится вблизи траверза, то первым нужно измерить вертикальный угол, а затем взять пеленг, так как расстояние до ориентира в этом случае изменяется медленнее, чем пеленг, и точность обсервованного места будет выше.

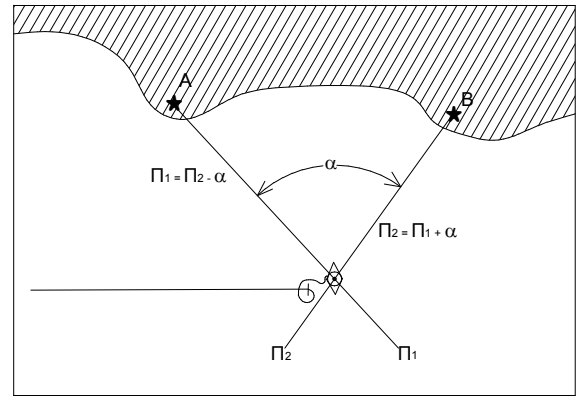
Если ориентир находится на остром КУ, то наоборот, первым нужно брать пеленг, так как он изменяется медленнее.

### Определение места судна по пеленгу и горизонтальному углу

Этот метод можно применить, если от места установки компаса (репитера) не виден один из двух ориентиров. Для измерения пеленга используется пеленгатор, а секстан для измерения горизонтального угла из того места на судне, откуда видны оба ориентира.

#### Порядок работы.

- измерить секстаном угол между двумя ориентирами;
- взять пеленг на один ориентир, зафиксировать  $T$  и  $OL$ ;
- отсчёты параметров исправить поправками  
 $\alpha = OC + (i + s)$ ;  
 $ИП1 = КП1 + \Delta K$ .
- рассчитать  $ИП2$  второго ориентира  
 $ИП2 = ИП1 \pm \alpha$ .
- нанести числимое место на момент обсервации;
- проложить  $ИП1$  и  $ИП2$  в пересечении получим обсервованное место судна;
- снять  $\phi_0$ ,  $\lambda_0$  и невязку, записать в судовой журнал.

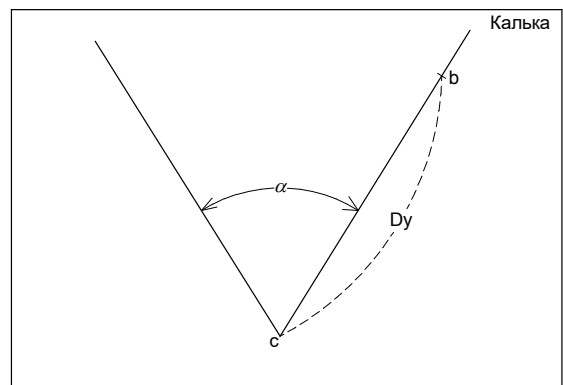


### Определение места судна по горизонтальному углу и расстоянию

Этот метод можно применить, если неизвестна поправка компаса, или компас не работает, а расстояние можно измерить только до одного ориентира.

#### Порядок работы.

- измерить секстаном горизонтальный угол между двумя ориентирами  $OC1$ ;
- измерить секстаном вертикальный угол второго ориентира  $OC2$ , зафиксировать  $T$  и  $OL$ ;
- отсчёты секстана исправить поправкой, рассчитать  $Dy$ ;
- на листе кальки начертить измеренный угол.
- на соответствующей стороне этого угла отложить расстояние  $Dy$  в масштабе карты (точка  $b$ );



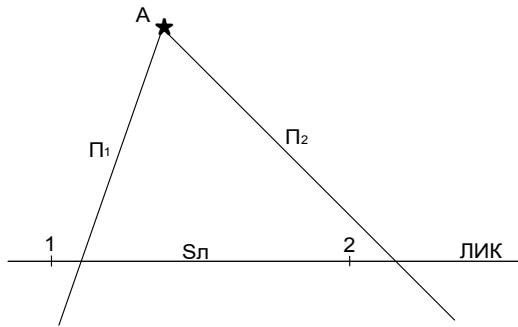
- наложить кальку на карту так, чтобы точка  $b$  кальки совпала с ориентиром на карте  $B$  (до которого определяли расстояние);
- приколоть эту точку к карте и развернуть кальку так, чтобы другая сторона угла прошла через второй ориентир  $A$ ;
- в вершине угла  $c$  сделать прокол циркулем, получим обсервованное место судна;
- снять  $\phi_0$ ,  $\lambda_0$  и невязку, записать в судовой журнал.

### 13. Определение места судна по разновременным изолиниям.

#### Крюйс-пеленг

Сущность метода состоит в том, что, если в видимости судна находится только один ориентир, то его пеленгуют два раза с большим интервалом времени. Затем, расстояние, пройденное судном между моментами взятия пеленгов, вмещают между линиями пеленгов.

На рисунке: первый пеленг измерен, когда судно находилось в точке 1 по счислению, второй – в точке 2. Обсервованное место в момент взятия



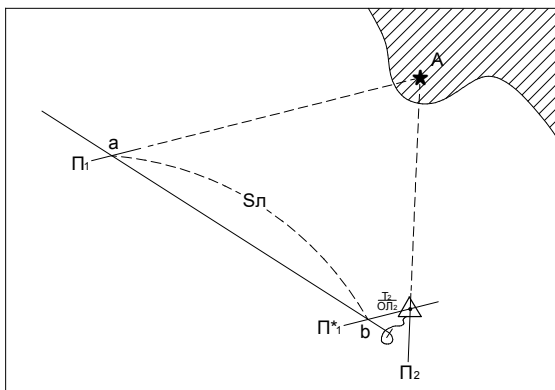
первого пеленга должно находиться на линии П1, в момент взятия второго пеленга на линии П2. Следовательно, расстояние, пройденное судном между моментами взятия пеленгов, Sп, должно вмещаться между линиями пеленгов П1 и П2.

#### Практическое выполнение.

- измерить КП1 ориентира, зафиксировать T1 и ОЛ1;
- когда пеленг на ориентир изменится на 40 - 70°, измерить КП2, зафиксировать T2 и ОЛ2;
- исправить компасные пеленги поправкой компаса:

$$ИП1 = КП1 + \Delta K; \quad ИП2 = КП2 + \Delta K;$$

- нанести на линии ИК (ПУа) счислимое место на момент измерения второго пеленга T2;



- сделать засечку на линии курса первым пеленгом П1 (точка a) и проложить второй пеленг П2 в виде короткого отрезка, пересекающего линию курса;
- рассчитать расстояние, пройденное судном между моментами взятия пеленгов

$$Sл = (ОЛ2 - ОЛ1)Кл;$$

- отложить Sл на линии курса от точки a пересечения её с линией первого пеленга П1, получим точку b;
- через точку b провести П\*1 параллельно первому пеленгу П1;
- в точке пересечения линии второго пеленга П2 и линии, параллельной первому пеленгу П\*1 получим счислимо-обсервованное место судна;
- снять координаты счислимо-обсервованного места и невязку, записать в судовый журнал (образец):

21 12 ОЛ = 12,3, Мк Сарыч ГКП = 63,0°.

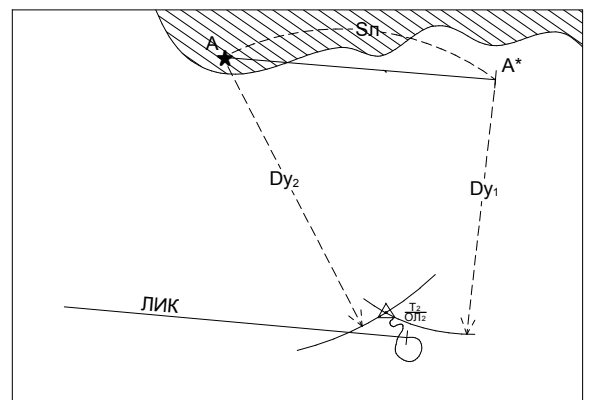
21 38 ОЛ = 17,6, Мк Сарыч ГКП = 13,5°, ΔГК = +1,0°, φо = 44°18,5'N, λо = 33°43,1'E, C = 235° - 1,3 м.мили.

#### Крюйс-расстояние

Этот метод можно применить, если в видимости судна имеется только один ориентир и по каким-либо причинам нет возможности взятия на него пеленг. Если высота ориентира известна, то расстояние до него можно определить по вертикальному углу измеренному секстаном.

#### Практическое выполнение.

- измерить вертикальный угол ориентира ОС1, зафиксировать T1 и ОЛ1;
- когда направление на ориентир изменится на 40-70°, измерить вертикальный угол ОС2, зафиксировать T2 и ОЛ2;
- исправить ОС1 и ОС2 поправкой секстана и рассчитать расстояния Dy1 и Dy2;
- нанести на линии ИК (ПУа) счислимое место на момент второго измерения T2;
- построить изолинию расстояния Dy2 – окружность с центром в точке, обозначающей ориентир;



- от ориентира на карте проложить прямую параллельно линии курса и отложить по ней расстояние, пройденное судном между моментами измерений

$$Sл = (ОЛ2 - ОЛ1)Кл;$$

- полученная точка является смещённым местом ориентира A\* из которой как из центра построить изолинию расстояния Dy1. В точке пересечения изолиний получим счислимо-обсервованное место;
- снять координаты счислимо-обсервованного места и невязку, записать в судовый журнал.

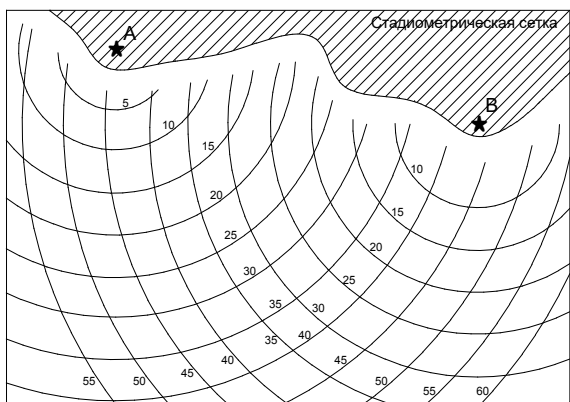
#### 14. Использование сеток изолиний при плавании в стеснённых навигационных условиях

При плавании в стеснённых навигационных условиях (в узкостях) необходимо внимательно и непрерывно следить за окружающей обстановкой. Поэтому для сокращения затрат времени на процесс определения места судна, перед выходом в рейс, на планах и частных картах строятся сетки навигационных изолиний.

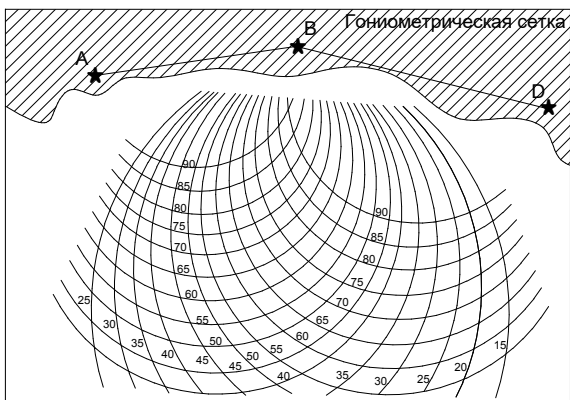
Сетки изолиний строятся относительно двух или трёх ориентиров.

В зависимости от требуемой точности observations, имеющихся береговых средств навигационного оборудования и других ориентиров, а также технических средств судовождения на судне, применяются следующие сетки навигационных изолиний.

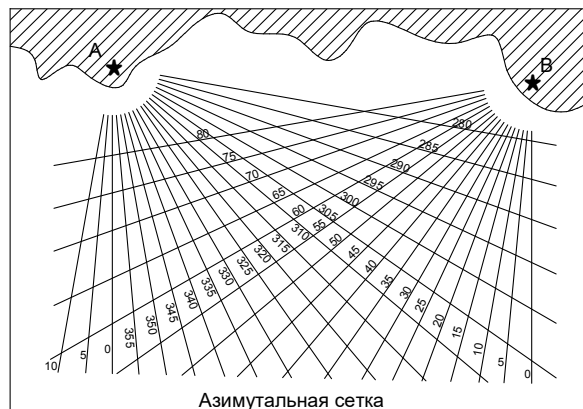
**Стадиометрическая сетка** – совокупность окружностей – изолиний расстояния относительно двух или трёх ориентиров, наблюдаемых на экране радиолокатора. Применяется при определении места судна с помощью судовой РЛС.



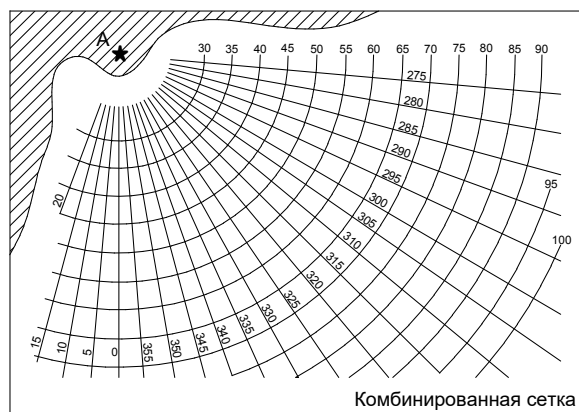
**Гониометрическая сетка** – совокупность вмещающих окружностей – изолиний горизонтального угла. Строится относительно трёх ориентиров и используется при определении места судна по горизонтальным углам.



**Азимутальная сетка** – совокупность изолиний пеленгов – прямых линий, проходящих через два или три визуально наблюдаемых, обозначенных на карте ориентира. Применяется при определении места судна по пеленгам.



**Комбинированная сетка** – совокупность разнородных изолиний, обычно изостадий (окружностей) и линий пеленгов (прямых), построенных относительно одного ориентира.



На предполагаемом участке движения судна изолинии должны пересекаться под углами не менее  $60^\circ$  и не более  $120^\circ$ . Каждое семейство изолиний должно иметь собственный отличный цвет. Расстояние на карте между соседними изолиниями должно быть от 5 до 10 мм.

Порядок использования сеток изолиний следующий:

- измеряют навигационные параметры;
- отсчёты навигационных параметров исправляют поправками;
- на карте находят изолинии, оцифрованные значениями близкими к исправленным навигационным параметрам. От руки проводят соответствующие изолинии, интерполируя на глаз;
- в точке пересечения изолиний принимается observed место судна.

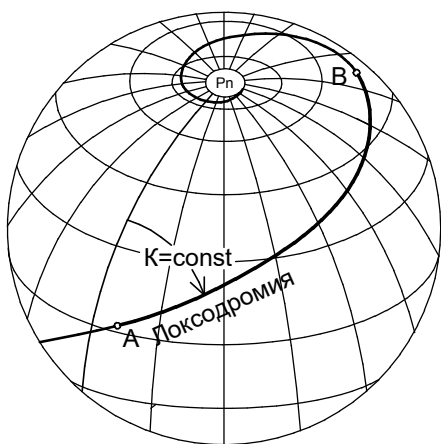


## 15 и 16. Расчёт локсодромического и ортодромического расстояний.

### Локсодромия и ортодромия

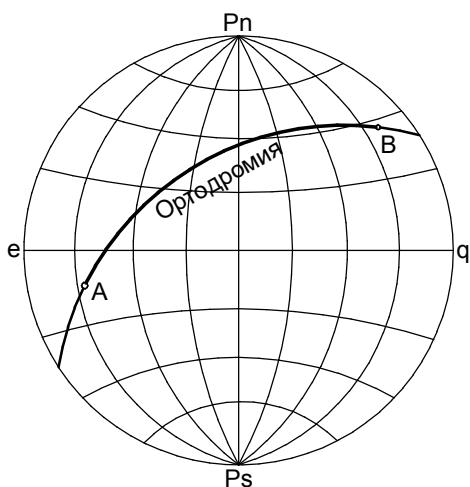
**Локсодромия** это кривая линия на поверхности Земли, пересекающая все меридианы под постоянным углом  $K$ . Лежащее на постоянном курсе судно перемещается по локсодромии.

Локсодромия является логарифмической спиралью, стремящейся к полюсу.



Отрезок локсодромии, заключённый между двумя точками, например  $A$  и  $B$ , не является кратчайшим расстоянием между ними на поверхности Земли.

**Ортодромия** (большой круг) – пересечение поверхности земного шара и плоскости, проходящей через его центр. Отрезок ортодромии, заключённый между двумя точками (дуга большого круга - ДБК), является кратчайшим расстоянием между ними на поверхности Земли. Ортодромия пересекает меридианы под разными углами, поэтому для перехода по ортодромии необходимо постоянно изменять курс.



Чем больше разность долгот  $\Delta\lambda$  между начальным и конечным пунктами (точки  $A$  и  $B$ ), тем больше разница между локсодромическим  $S_{лок}$  и ортодромическим  $S_{орт}$  расстояниями. Особенно существенной эта разница может оказаться при трансокеанских переходах. По-

этому при выборе маршрута перехода через океан необходимо оценить целесообразность этого перехода по ортодромии.

Критерием целесообразности перехода по ортодромии является относительная разность расстояний:

$$\Delta S = (S_{лок} - S_{орт}) / S_{лок} \cdot 100\%;$$

где  $S_{лок}$  – расстояние по локсодромии;

$S_{орт}$  – расстояние по ортодромии.

Если  $\Delta S \geq 0,5\%$ , то переход по ортодромии может быть предпочтительнее.

### Расчёт локсодромического расстояния

Для вычисления локсодромического расстояния между двумя точками используется формула аналитического счисления

$$S_{лок} = \Delta\varphi \cdot \sec K_{лок},$$

где  $\Delta\varphi = \varphi_k - \varphi_n$  разность широт начального  $\varphi_n$  и конечного  $\varphi_k$  пунктов;

$K_{лок}$  – локсодромический курс между пунктами отхода и прихода, рассчитывается по формуле

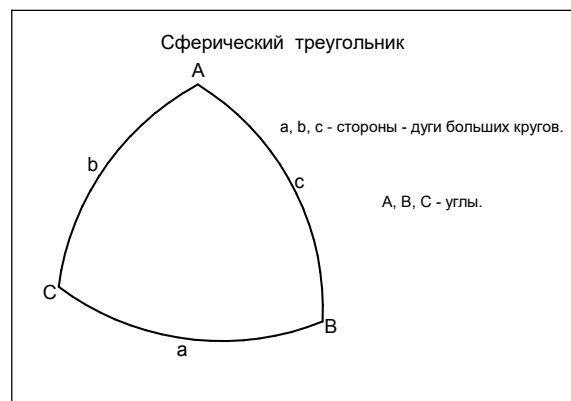
$$\operatorname{tg} K = \Delta\lambda / \Delta D.$$

Здесь  $\Delta\lambda = \lambda_k - \lambda_n$  разность долгот начального  $\lambda_n$  и конечного  $\lambda_k$  пунктов.

$\Delta D$  – разность меридиональных частей этих пунктов, рассчитывается по таблице 2.28а МТ-2000.

### Расчёт ортодромического расстояния

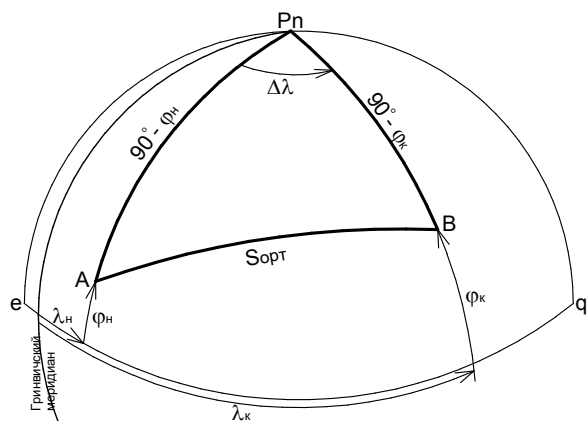
Для вычисления ортодромического расстояния применяется формула косинуса стороны из сферической тригонометрии.



Формула косинуса стороны:

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A.$$

Заменим в этой формуле сторону  $a$  длиной ортодромии между пунктами отхода  $A$  и прихода  $B$  -  $S_{орт}$ :



В результате получим:

$$\cos S_{орт} = \cos(90^\circ - \varphi_n) \cos(90^\circ - \varphi_k) + \sin(90^\circ - \varphi_n) \sin(90^\circ - \varphi_k) \cos \Delta\lambda.$$

где  $S_{орт}$  – ортодромическое расстояние;

$90^\circ - \varphi_n$  и  $90^\circ - \varphi_k$  – стороны сферического треугольника, отрезки меридианов пунктов отхода A и прихода B ( $P_nA$  и  $P_nB$ );

$\Delta\lambda = \lambda_k - \lambda_n$  – угол сферического треугольника при полюсе  $P_n$ , разность долгот между пунктами отхода A и прихода B.

Так как  $\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$ ,  $\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$ , следовательно:

$$\cos S_{орт} = \sin \varphi_n \sin \varphi_k + \cos \varphi_n \cos \varphi_k \cos \Delta\lambda.$$

Для вычисления  $S_{лок}$  и  $S_{орт}$  вручную используются таблицы десятичных логарифмов чисел и тригонометрических функций.

### Расчёт локсодромического и ортодромического расстояний по картам

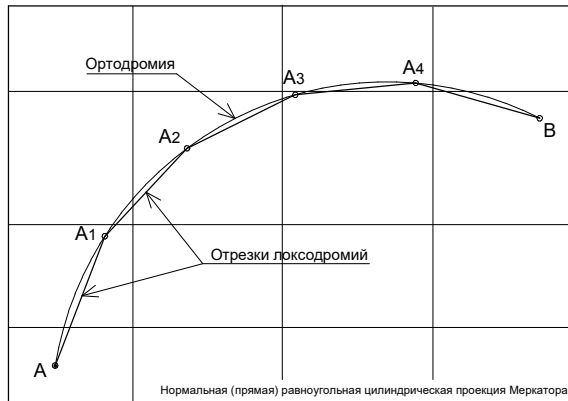
Ортодромическое расстояние можно рассчитать по карте в гномонической проекции. Для этого на карте помещены специальные таблицы, номограмма и указания по их использованию.

Локсодромическое расстояние можно снять по генеральной карте в меркаторской проекции с помощью прокладочного инструмента.



## 17. Прокладка ортодромии

Плавание по ортодромии затрудняется тем, что она пересекает меридианы под разными углами и судну необходимо постоянно, плавно изменять курс, что нереально. Поэтому на практике ортодромию разбивают на отрезки локсодромий (хорды) и по ним осуществляют переход.



На вышеприведённом рисунке: *A* – пункт отхода, *B* – пункт прихода, *A1*, *A2*, *A3*, *A4* – промежуточные точки ортодромии.

Для предварительной (при планировании рейса) прокладки ортодромии на морских навигационных картах (МНК) рассчитывают координаты промежуточных точек. По координатам промежуточные точки наносятся на МНК, соединяются прямыми (отрезками локсодромий). Полученная ломаная линия приближена к ортодромии. Сняв направления полученных отрезков, получают промежуточные курсы для плавания по ортодромии.

Рекомендуется наносить промежуточные точки через 2 - 5° по долготы или по расстоянию промежуточных курсов через 200 – 300 миль.

### Прокладка ортодромии с помощью карт в гномонической проекции

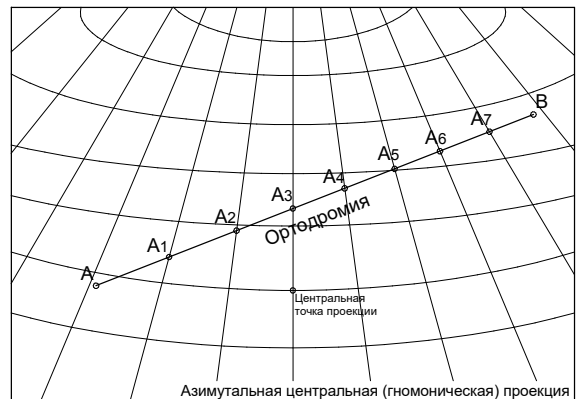
Азимутальная центральная (гномоническая) проекция обладает свойством ортодромичности, так как ортодромия на ней изображается прямой линией.



Проложенная на гномонической карте ортодромия показывает, как проходит путь судна относительно опасностей и навигационных ориентиров.

### Порядок работы при планировании перехода:

- по координатам пунктов отхода и прихода нанести точки *A* и *B* на карту в гномонической проекции;
- соединить точки *A* и *B* прямой линией, которая является ортодромией;



- отметить точки пересечения ортодромии с меридианами через каждые 5 - 10°, которые принимаются как промежуточные.

- снять широты промежуточных точек;
- по полученным координатам нанести промежуточные точки на МНК в меркаторской проекции;

- соединить промежуточные точки отрезками прямых, направления которых являются промежуточными курсами.

В рейсе, на переходе по ортодромии, гномоническую проекцию можно использовать для плавания начальными курсами между наблюдениями. Метод заключается в том, что observations места судна последовательно принимаются за начальную точку, и выполняются расчёты, как указано выше.

### Прокладка ортодромии с помощью номограммы Вейера

Номограмма представляет собой семейство пересекающихся эллипсов и гипербол. Горизонтальная линия в центре – шкала широт, вправо – северная широта  $\varphi_N$ , влево – южная,  $\varphi_S$ . Каждому значению широты соответствует свой эллипс. На последнем эллипсе шкала разностей долгот от 0° до 180° против часовой стрелки. Каждой РД соответствует своя гипербола. Если начальная широта  $\varphi_N$  северная, то используются кривые РД верхней части номограммы, если  $\varphi_N$  южная, то нижней.

По внешней окружности нанесены значения *A*, что соответствует начальному курсу  $K_n$ . При переходе на запад используется наружный ряд чисел, на восток – внутренний.

Порядок определения начального курса  $K_n$  следующий:

- на пересечении кривых по начальной широте  $\varphi_n$  и РД найти точку *A*;
- на шкале широт по конечной широте  $\varphi_k$  найти точку *B*;

- с помощью параллельной линейки соединить точки *A* и *B*, полученную прямую перенести в центр;
- в пересечении полученной прямой со шкалой начальных курсов снять значение  $K_n$ ;
- значение полученного курса исправить ортодромической поправкой  $\psi$ , получим значение курса по начальной хорде:

$$IK_{nx} = K_n + \psi.$$

## 18. Приливо-отливные явления и их учёт в судовождении.

Поверхность океанов не находится в покое, а периодически меняет своё положение – колеблется. Это происходит под влиянием различных процессов и сил, которые можно объединить в следующие основные группы:

Геодинамические и геотермические явления в земной коре – землетрясения и моретрясения, извержения вулканов (цунами), поднятия и опускания суши (тектоника), поступления тепла через дно океана.

Механические и физико-химические воздействия на поверхность океана – солнечная радиация, изменение атмосферного давления, ветер, который вызывает сгонно-нагонные колебания, осадки, береговой сток и др.

Космические (астрономические) приливообразующие силы, которые являются основными в приливо-отливных явлениях.

### Понятие о приливах и терминология

Приливо-отливными явлениями называются сложные волновые движения водяных масс океана. Следствием этих движений являются периодические изменения уровня и течений.

Возникают приливо-отливные явления вследствие действия между Землёй, Луной и Солнцем приливообразующих сил. Приливообразующая сила Луны в 2,17 раза больше, чем приливообразующая сила Солнца (из-за удалённости), поэтому основные черты приливо-отливных явлений определяются, главным образом, взаимным положением Земли и Луны.

Существенное влияние на величину и характер приливо-отливных явлений в каждом конкретном месте оказывают физико-географические условия: глубины, очертания берегов, наличие островов и другие. Вследствие влияния физико-географических условий характер приливов может меняться в очень широких пределах. Так, в Балтийском море они практически отсутствуют, в заливе Фанди, расположенном примерно на той же широте, колебания уровня достигают 18 метров.

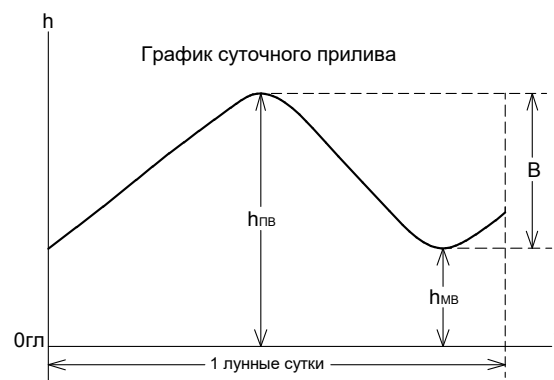
Приливо-отливные явления характеризуются двумя основными факторами:

- изменениями уровня;
- приливо-отливными течениями.

Обе стороны этого процесса связаны между собой, однако, из-за отсутствия единой теории, приливо-отливные колебания уровня и приливо-отливные течения изучаются отдельно.

Приливо-отливные явления оказывают большое влияние на судоходство и безопасность мореплавания, поэтому информация о них регулярно публикуется в специальных пособиях. Чтобы правильно ими пользоваться для решения различных навигационных задач, судоводители обязаны хорошо представлять природу этого явления.

Приливные колебания можно изобразить графически.



На графике суточного прилива по оси абсцисс время,  $t$ , а по оси ординат высота прилива,  $h$ , над условно принятым уровнем – нулём глубин, Огл.

Процесс повышения уровня моря называется **прилив**, понижения – **отлив**.

Наивысшее положение уровня при приливе называется **полная вода** ПВ, наинизшее при отливе **малая вода** МВ.

Разность между нулём глубин и уровнем полной воды называется **высотой полной воды**  $h_{ПВ}$ .

Разность между нулём глубин и уровнем малой воды называется **высотой малой воды**  $h_{МВ}$ .

Разность между высотами полной воды и следующей за ней малой называется **величиной прилива**

$$B = h_{ПВ} - h_{МВ}.$$

За **нуль глубин** на российских морских картах на морях с приливами принят наинизший теоретический уровень (НТУ) – самый низкий уровень, возможный по астрономическим условиям, то есть по взаимному расположению Земли, Луны и Солнца.

Время между двумя соседними моментами полной или малой воды называется **периодом прилива**.

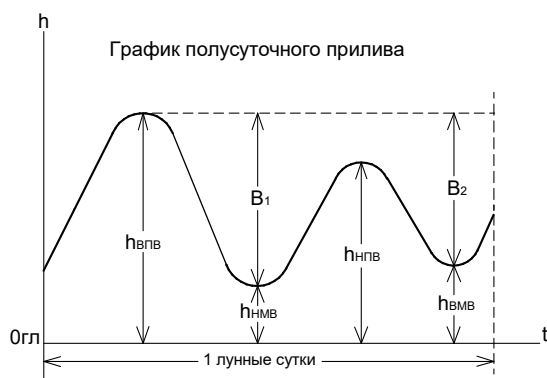
В зависимости от величины периода, приливы делятся на суточные, полусуточные, смешанные, неправильные полусуточные, неправильные суточные и аномальные.

**Суточные** приливы (С) – такие, у которых средний период равен лунным суткам (24 часа 50 минут). Суточные приливы бывают, чаще всего, в Тихом океане.

**Полусуточные** приливы (П) – такие, у которых период равен половине лунных суток (12 часов 25 минут). Полусуточные приливы наблюдаются вдоль Мурманского берега Баренцева моря, на большей части Белого моря и практически по всему Атлантическому океану.

У полусуточных приливов два раза в сутки наступает полная вода, ПВ и два раза малая вода, МВ. Так как обе ПВ и обе МВ имеют разную высоту, то их обозначают так:

- ВПВ – высокая полная вода;
- НПВ – низкая полная вода;
- ВМВ – высокая малая вода;
- НМВ – низкая малая вода.



Высоты ПВ и МВ полусуточных приливов над нулём глубин обозначают следующим образом:

$h_{ПВ}$  – высота высокой полной воды;

$h_{НПВ}$  – высота низкой полной воды;

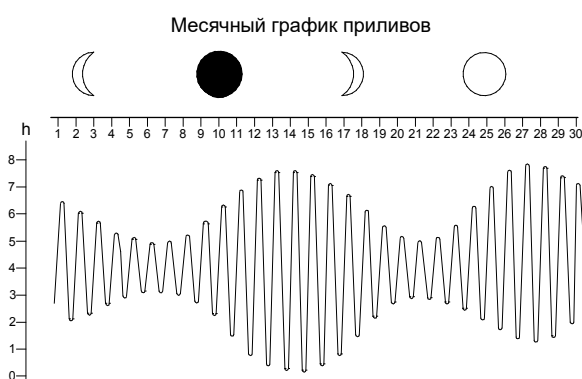
$h_{МВ}$  – высота высокой малой воды;

$h_{НМВ}$  – высота низкой малой воды.

**Смешанные** приливы – такие, у которых в течение лунного месяца период меняется с полусуточного на суточный. Смешанные приливы делятся на неправильные суточные (НС), у которых преобладает суточный период, и неправильные полусуточные (НП), у которых преобладает полусуточный период.

**Аномальные** приливы – такие, у которых характер подъёма и спада вод усложняется мелководьем, это суточные мелководные (СМ) и полусуточные мелководные (ПМ). Аномальные приливы наблюдаются в некоторых портах пролива Ла-Манш и в Белом море.

Величина прилива  $B$  в течение месяца меняется, и в некоторые дни достигает максимальной величины, а в другие – минимальной. Величина прилива меняется согласно с фазой Луны, то есть зависит от взаимного расположения Земли, Луны и Солнца.



Наиболее высокая полная вода и наиболее низкая малая вода, то есть максимальная величина прилива ( $B$ ) наблюдается после полнолуний и новолуний, то есть когда Земля, Луна и Солнце находятся приблизительно на одной прямой линии, и приливообразующие силы Луны и Солнца складываются. Такие периоды называются **сизигии** (гр. *sizigia* – соединение).

Наиболее низкая полная вода и наиболее высокая малая вода, то есть минимальная величина прилива, наблюдается после I и после IV четвер-

тей в фазах Луны. В это время Луна и Солнце располагаются приблизительно под прямым углом относительно Земли, и приливообразующие силы Солнца ослабляют приливообразующие силы Луны. Такие периоды называются **квадатура** (лат. *quadratura* – четвёртая часть, четверть).

На приливы оказывает влияние также и склонение Луны. При больших склонениях Луны приливы называются **тропическими**, а при прохождении Луны через экватор – **экваториальными**.

Промежуток времени между моментом верхней или нижней кульминации Луны и моментом наступления полной воды на данном меридиане называется **лунным промежутком** – Тл.

Средний из лунных промежутков в дни сизигий, вычисленный из большого числа наблюдений, называется **прикладной час порта** – ПЧ.

Для характеристики приливов во времени применяются следующие термины:

$t_{ПВ}$  – момент полной воды;

$t_{МВ}$  – момент малой воды;

$T_p$  – время роста уровня – время от момента малой воды до момента полной воды:

$$T_p = t_{ПВ} - t_{МВ};$$

$T_n$  – время падения уровня – время от момента полной воды до момента малой воды:

$$T_n = t_{МВ} - t_{ПВ};$$

$T_{ст}$  – время стояния уровня – время, в течение которого уровень, дойдя до определённой высоты, остаётся неизменным.

### Российские таблицы приливов

Приливо-отливные явления в различных районах мирового океана изучены не одинаково. В зависимости от степени изученности, все пункты подразделяют на три группы:

Основные пункты (порты), для которых имеются подробные данные о приливах.

Дополнительные пункты, привязанные к основным, для которых расчёт приливов производится через основной пункт.

Пункты, для которых даются прикладные часы, по которым можно рассчитать моменты ПВ и МВ и их высоты, исходя из моментов кульминации Луны.

Океанографическим институтом ежегодно издаются Таблицы, по которым можно предвычислять моменты и высоты приливов. Таблицы приливов издаются в четырёх томах:

Том I. Воды европейской части России.

Том II. Воды азиатской части России.

Том III. Зарубежные воды. Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый океаны.

Том IV. Зарубежные воды. Тихий океан.

Том I и том II состоят из трёх частей каждый:

Часть I – Приливы в основных пунктах.

Часть II – Поправки для дополнительных пунктов.

Часть III – Приливные течения.

Том III и том IV состоят каждый из двух частей:

Часть I – Основные пункты.

## *Часть II – Дополнительные пункты.*

*В начале каждого тома даны общие сведения о приливах, а в конце – вспомогательные таблицы и алфавитный указатель пунктов.*

*В разделе «Общие сведения» приводятся следующие данные:*

- влияние гидрометеорологических условий на приливы;*
- основные термины и обозначения;*
- сведения о неравенстве приливов;*
- критерии, определяющие характер приливов;*
- примеры пользования таблицами приливов.*

*В таблицах приливов разных лет издания могут быть различия в общих сведениях, поэтому с ними необходимо знакомиться всякий раз при пользовании новыми таблицами.*

*В I части «Приливы в основных пунктах» приведены моменты и высоты полных и малых вод на каждые сутки данного календарного года для основных пунктов, перечень которых приведен в алфавитном порядке на обратной стороне обложки таблицы.*

*Во II части «Поправки для дополнительных пунктов» приведены поправки моментов и высот, вводя которые в выбранные из части I сведения о приливах в основном порту, можно получить данные о моментах и высотах ПВ и МВ в дополнительных пунктах.*

*Во «Вспомогательных таблицах» приведены:*

- интерполяционная таблица для вычисления уровня на промежуточные между МВ и ПВ моменты;*
- средние высоты сизигийных и квадратурных ПВ и МВ и средний уровень моря (СУМ) для некоторых пунктов;*
- таблицы поправок среднего уровня моря на сезонные изменения и на атмосферное давление;*
- таблицы перевода поясного времени в местное;*
- таблицы перевода футов в метры;*
- астрономические данные (фазы, склонение, перигей и апогей Луны).*

## *Задачи, решаемые по таблицам*

*Определение момента и высоты полных и малых вод в основном пункте.*

*Определение высоты уровня прилива в любой промежуточный момент между МВ и ПВ в основном пункте.*

*Определение момента и высоты полных и малых вод в дополнительном пункте.*

*Определение высоты уровня прилива в любой промежуточный момент между МВ и ПВ в дополнительном пункте.*