



Раздел 7 «Определение места судна по визуальным наблюдениям навигационных параметров»

Лекция № (7.4)

Тема: «Определение места судна по двум и трем расстояниям, точность способа».

Учебная дисциплина «Навигация и лоция»

**Калининград
2022**

**Доцент кафедры судовождения и безопасности мореплавания,
кандидат военных наук, доцент Щавелев В.П.**

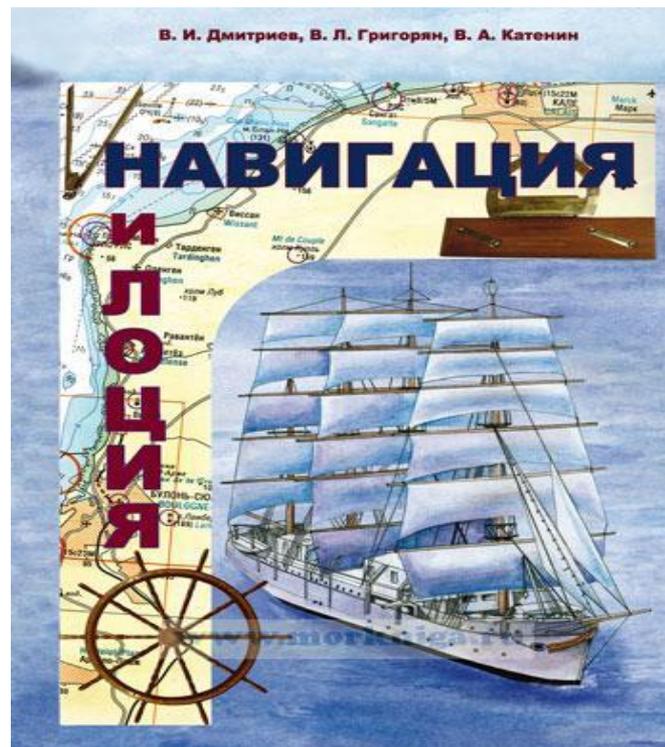


Цель лекции:

- формирование конвенционных компетентностей в части, касающейся требований определения места судна с помощью радиолокационных станций.

Учебные вопросы лекции:

1. Измерение с помощью судовых РЛС направлений и расстояний.
2. Определение места судна с помощью РЛС.



Основная:

1. Навигация и лоция [Электронный ресурс]: учебник для студентов (курсантов), обучающихся по специальности "Судовождение" в вузах водного транспорта. Учебник / Дмитриев В.И., Григорян В.Л., Катенин В.А. – М.: Моркнига, 2017. – 457 с.

2. Дмитриев В.И., Григорян В.Л., Катенин В.А. Навигация и лоция. Учебник для вузов (3-е издание переработанное и дополненное)/Под общ. Ред. д.ф.т.н., проф. В.И. Дектярева. – М.: «МОСКНИГА», 2009, глава 22, с. 304 – 310.



1. Измерение с помощью судовых РЛС направлений и расстояний.



Рис. 1. Внешний вид прибора И (индикатор) РЛС «Наяда-25МЕ»

- «Наяда-25МЕ»;
- «Наяда-25М1»;
- «Наяда-34М»;
- «Наяда-34МЕ». Кроме того, РЛС
- «Лиман-18М1» и «Галс» выпускаются для малотоннажных судов.



Рис. 2. Дисплей РЛС «Наяда-34М»



Рис.3 Внешний вид дисплея РЛС «Лиман»

Приведённые типы РЛС из серии «Наяда» имеют практически **одинаковые функциональные характеристики** и различаются:

- рабочим диапазоном волн;
- мощностью передатчика;
- эффективным диаметром радиолокационного изображения.

Постоянно ведутся исследования, новые разработки и усовершенствования РЛС серии «Наяда» для судов различного типа.

Особый интерес вызывают разработки и поставки таких РЛС для малотоннажных судов.



Навигационная радиолокационная станция «Лиман-18М1» (рис. 3) предназначена для обеспечения навигации и повышения безопасности плавания **судов валовой вместимостью до 1000 тонн.**

Работает в 3-см диапазоне волн. Диаметр вращения антенны составляет 1,6 м. Мощность передатчика 4 кВт.

Шкалы дальности до 48 миль.

Преимущества навигационных РЛС:

- возможность определения места судна, полярных координат и элементов движения целей при любой видимости как днем, так и ночью;
- автономность использования;
- быстрота и простота определения места судна;
- возможность многократного (непрерывного) проведения обсерваций при плавании вблизи берегов и в узкостях;
- сравнительно небольшая погрешность измерения дистанции (до 1% от установленной на пульте, шкалы дальности, с вероятностью 0,95).



Недостатки навигационных РЛС:

- неполное совпадение радиолокационного изображения берега на экране РЛС с его изображением на карте;
- сравнительно небольшие дальности обнаружения (порядка 20 миль для крупных объектов при нормальной радиолокационной наблюдаемости);
- небольшая вероятность обнаружения малоразмерных целей, особенно во время интенсивных осадков и сильного волнения моря;
- наличие мертвой зоны вблизи корабля и теневых секторов, в пределах которых объекты не обнаруживаются;
- большая, по сравнению с оптическими средствами, погрешность измерения пеленгов (до 1° с вероятностью 0.95):
- ограниченность использования в военное время из-за возможности пеленгования противником радиоизлучения станции.



Измерение с помощью судовых РЛС:

- направлений;
- расстояний

Измерение с помощью судовых РЛС направлений

Для определения направления на ориентиры используются:

- электронные;
- механические визиры.

Электронные и механические визиры совмещаются с отметками эхосигналов на экране РЛС.

Со шкалы радиолокатора снимается **радиолокационный пеленг (РЛП)** при условиях:

- гирокомпас подключен к радиолокатору;
- изображение на экране стабилизировано по норду.

При стабилизации изображения по курсу со шкалы снимается радиолокационный курсовой угол (РЛКУ).

Расчеты ИП выполняются по соответствующим формулам:

$$\text{ИП} = \text{РЛП} + \Delta\text{ГК};$$

$$\text{ИП} = \text{РЛКУ} + \text{КК} + \Delta\text{МК}.$$



При использовании электронного визира необходимо навести его на середину отметки цели - **отсчет пеленга** снимается со счетчика, расположенного на панели индикатора кругового обзора (ИКО).

При использовании механических визиров глаз наблюдателя должен располагаться так, чтобы линия визира проходила через начало развертки и середину отметки цели. Центр развертки должен быть совмещен с центром вращения механического визира. Отсчет пеленга снимают по шкале пеленгов, расположенной вокруг экрана индикатора.

Для более точного измерения пеленга необходимо установить такую шкалу дальности, на которой **эхо-сигнал от объекта наблюдается ближе к краю экрана**.

В общем случае измеренный радиолокационный пеленг должен быть исправлен **тремя поправками**:

- поправкой за наклон палубы;
- поправкой системы курсоуказания;
- инструментальной поправкой.



Максимальные погрешности измерения пеленга в градусах из-за не учета качки могут достигать величин до $3,9^\circ$ (максимальные погрешности (при углах): крена – $20,0^\circ$, дифферента – $10,0^\circ$).

При КУ на цель 0° и 180° поправка за наклон палубы равна нулю. Поэтому для измерения пеленга на качке с максимально возможной точностью следует временно лечь на курс, равный пеленгу или обратному пеленгу на ориентир.

Основные причины, оказывающие влияние на точность радиолокационного пеленгования:

1. Ошибки визирования.
2. Ошибки эксцентриситета.
3. Ошибки в нуле отсчета ($\pm 0,3^\circ$), от инструментальной ошибки ($\pm 0,3'$), ошибки в поправке компаса.

Действие всех этих причин приводит к тому, что точность радиолокационного пеленга значительно ниже точности визуального.

При использовании механического визира средняя квадратичная ошибка радиолокационного пеленга с учетом ошибки в ΔK составляет $\pm 1,5^\circ$.



1. Ошибки визирования возникают при совмещении визирной линии с предполагаемой серединой отметки эхо-сигнала на экране РЛС.

Основной причиной неточности совмещения - растягивание отметок эхо-сигналов по дуге пропорционально ширине диаграммы направленности (θ).

При различных отражающих способностях кромок объекта это растягивание бывает несимметричным.

Ошибки визирования **уменьшаются с удалением отметки от центра развертки.**

СКП визирования точечного объекта при удалении отметки:

- на $1/3$ радиуса экрана от центра развертки составляет $\pm 0,6^\circ$;
- на $2/3$ радиуса экрана - $\pm 0,3^\circ$.

Особенно возрастают ошибки при пеленговании кромок протяженных объектов, облучаемых вдоль их водного уреза.

В этом случае за счет ширины диаграммы направленности в горизонтальной плоскости эхо-сигнал на экране РЛС отмечается даже тогда, когда ее осевая линия не совмещена с кромкой объекта.

Возникает угловая ошибка, учесть которую невозможно. По этой причине **рекомендуется пеленговать только те мысы, которые вытянуты радиально по отношению к судну, т. е. облучаются «в упор».**



2. Ошибки эксцентриситета. Эти ошибки возникают в результате смещения центра развертки относительно центра вращения механического визира и могут достигать значительных величин. Например, при эксцентриситете в 1 мм ошибка в пеленге отметки, находящейся на удалении $1/2$ радиуса экрана от центра развертки, составляет около $\pm 0,7^\circ$.

Отсюда видно, насколько точно должна выполняться регулировка РЛС по совмещению центров вращения механического визира и развертки.

В случае использования **электронного визира** ошибки эксцентриситета отсутствуют.

3. Ошибки:

- в нуле отсчета ($\pm 0,3^\circ$);
- от инструментальной ошибки ($\pm 0,3'$);
- ошибки в поправке компаса.

Действие всех этих причин приводит к тому, что точность радиолокационного пеленга значительно ниже точности визуального.

При использовании механического визира СКП радиолокационного пеленга с учетом ошибки в ΔK составляет $\pm 1,5^\circ$.



Точность определения радиолокационного пеленга (РЛП) на ориентир

№ п/п	Факторы	Значения
1.	Ширины диаграммы направленности в горизонтальной плоскости	$m_1 > 0,4^\circ$
2.	Неточной центровки начала развертки	$m_2 > 0,4^\circ$
3.	Неточного визирования эхо-сигнала ориентира	$m_3 > 0,5^\circ$
4.	Погрешности нуля отсчета, вызванной сдвигом антенны относительно ДП судна	$m_4 > 0,3^\circ$
5.	Инструментальной погрешности передачи на индикатор угла вращения антенны	$m_5 > 0,3^\circ$
6.	Погрешности параллактического характера	$m_3 > 0,5^\circ$
Средняя квадратическая погрешность (СКП) определения РЛП: - при пеленговании «точечных» ориентиров		$m_{РЛП} = \pm 1,0^\circ$
Средняя квадратическая погрешность (СКП) определения РЛП: - при пеленговании мысов (не «точечных» ориентиров)		$m_{РЛП} = \pm 2,0^\circ$ - $3,0^\circ$



Для **измерения расстояний** в навигационных РЛС применяются следующие устройства:

- неподвижные кольца дальности (НКД);
- подвижное кольцо дальности (ПКД);
- подвижный визир дальности (ПВД);
- индикатор точных координат (ИТК).

Неподвижные кольца дальности (НКД) используются **для измерения дистанций на глаз** тогда, когда в НРЛС нет других устройств измерения дальности. В остальных случаях НКД применяют для:

- настройки изображения;
- оценки дистанций до объектов;
- более быстрого наведения ПКД.

Подвижный визир дальности (ПВД) представляет собой яркостную метку дальности, перемещающуюся по электронному визиру. Для измерения дистанции вначале на цель наводится электронный визир, затем ПВД совмещают с отметкой цели.



Индикатор точных координат (ИТК) служит для точного измерения дистанции и применяется в РЛС, имеющих ПВД.

Он представляет собой так называемую электронную лупу, т. е. дополнительный экран, на котором отображается обстановка в районе ПВД в увеличенном масштабе.

При грубом наведении ПВД на цель на экране ИТК появляется изображение ее отметки в крупном масштабе. С помощью рукоятки дальности добиваются совмещения центра отметки цели с горизонтальной линией, нанесенной на стекло экрана ИТК.

Суммарная средняя квадратичная погрешность (СКП) измерения расстояния помощью ПКД составляет:

- до точечного ориентира $\pm 0,6 \div 1,0$ % от измеренного расстояния;
- до береговой линии - $0,6 \div 3,0$ % от измеренного расстояния.



Выбор шкал дальности для радиолокационного наблюдения

17



- 1. В открытом море** - на шкалах среднего масштаба (8 - 16 миль) с периодическим просмотром окружающей обстановки на шкалах крупного масштаба (малой дальности).
- 2. В стесненных водах** - на шкалах крупного масштаба с периодическим обзором на мелкомасштабных шкалах.
- 3. Шкалы дальности 32 и 64 мили** используются для определения места судна по высоким берегам. После обсервации необходимо сразу перейти на шкалы средней или малой дальности для продолжения наблюдения
- 4. Следует учитывать, что один и тот же эхо-сигнал лучше обнаруживается на шкалах мелкого масштаба (большой дальности), чем на шкалах крупного масштаба (малой дальности),** ибо в мелком масштабе эхо-сигнал занимает меньшую площадь на экране, а яркость его больше.
- 5. При использовании двух радиолокаторов** целесообразнее работать на каждом из них своему наблюдателю с распределением обязанностей между наблюдателями.



2. Определение места судна с помощью РЛС.



Существует **две группы способов использования судовой РЛС для ОМС:**

1. По точечным ориентирам.
2. По пространственным ориентирам.

Точечные ориентиры — объекты, размеры изображения которых на экране индикатора кругового обзора (ИКО) и карте практически можно принять за точку. Точечные ориентиры делятся на:

- активные отражатели (изображаются на экране в виде ответной точки);
- пассивные отражатели (представляют собой многогранные фигуры из металла, обладающие способностью отражать радиоволны без рассеивания). Формы пассивных отражателей:
 - уголкового отражатели (наилучшая);
 - естественные или искусственные ориентиры (маяки, навигационные знаки, заводские трубы, скалы, оконечности молов и причалов и т. п.).

В практике судовождения **точечные ориентиры встречаются редко.**



Для ОМС чаще всего используются пространственные ориентиры.

Пространственные ориентиры – объекты, изображения которых на экране ИКО имеют размеры, и их нельзя принять за точку (береговая черта, холмы, мысы, не имеющие резких очертаний, бухты, острова и другие естественные объекты).

При ОМС по пространственным ориентирам необходимо учитывать особенности **изображения берега на экране ИКО**.

Горы, холмы, возвышенности экранируют расположенную за ними местность, изображения ее на экране нет. Поэтому полуостров или мыс может быть принят за остров, что влечет за собой опасную ошибку в опознании ориентира.

Изображения ориентиров, расстояния между которыми меньше разрешающей способности станции, на индикаторе сливаются – их трудно или невозможно различить.

Объекты, облучаемые лучом станции «вскользь», почти касательно к их поверхности, наблюдаются очень плохо.

Низкие пляжи, песчаные косы, ледовый припай у берега обнаруживаются лишь на малых расстояниях, а чаще не наблюдаются даже в непосредственной близости.

Все эти объекты, как и пологие берега – считаются **плохими радиолокационными ориентирами**.



1. ОМС по расстояниям, измеренным до нескольких ориентиров.
2. ОМС по радиолокационному пеленгу и расстоянию до одного ориентира.
3. ОМС по расстояниям, измеренным на постоянном курсовом угле.
4. ОМС до ближайших к нему участков берега.

1. ОМС по расстояниям, измеренным до нескольких ориентиров (рис. 1).

Намечаются перед определением места ориентиры на карте и быстро последовательно измеряются расстояния до них. При необходимости измеренные расстояния приводятся к одному моменту времени.

В момент последнего измерения замечается время и отсчет лага. На карте находится обсервованное место, которое является точкой пересечения дуг окружностей, проведенных из ориентиров (с учетом приведения их к одному моменту времени), как из центров с радиусами, равными измеренным расстояниям.

При выборе ориентиров и их измерении необходимо:

- следить, чтобы линии положения пересекались под углом в пределах от 30 до 150°;
- **порядок измерения:** сначала расстояния до ориентира, который близок к КУ, равному 90°, а затем на ориентиры, КУ которых близки к 0 или 180°.



На карте находится счислимая точка, указывается невязка, прокладывается линия пути, оформляются надписи.

Если при определении по трем расстояниям окружности не пересекаются в одной точке, то за **обсервованное место принимается середина треугольника погрешностей**.

Если треугольник велик, то необходимо проверить правильность опознавания ориентиров, измерений и прокладки.

Радиальная средняя квадратическая погрешность определения места судна по расстояниям, кбт:

▪ при двух ориентирах

$$M_o = \frac{1}{\sin\theta} \sqrt{m_{D12}^2 + m_{D22}^2} \quad (1)$$

$$M_o = 1,41 \frac{m_D}{\sin\theta} \quad (2)$$

где θ - разность пеленгов на ориентиры, град;

m_{D1}^2, m_{D2}^2 - СКП измерения расстояний, кбт.

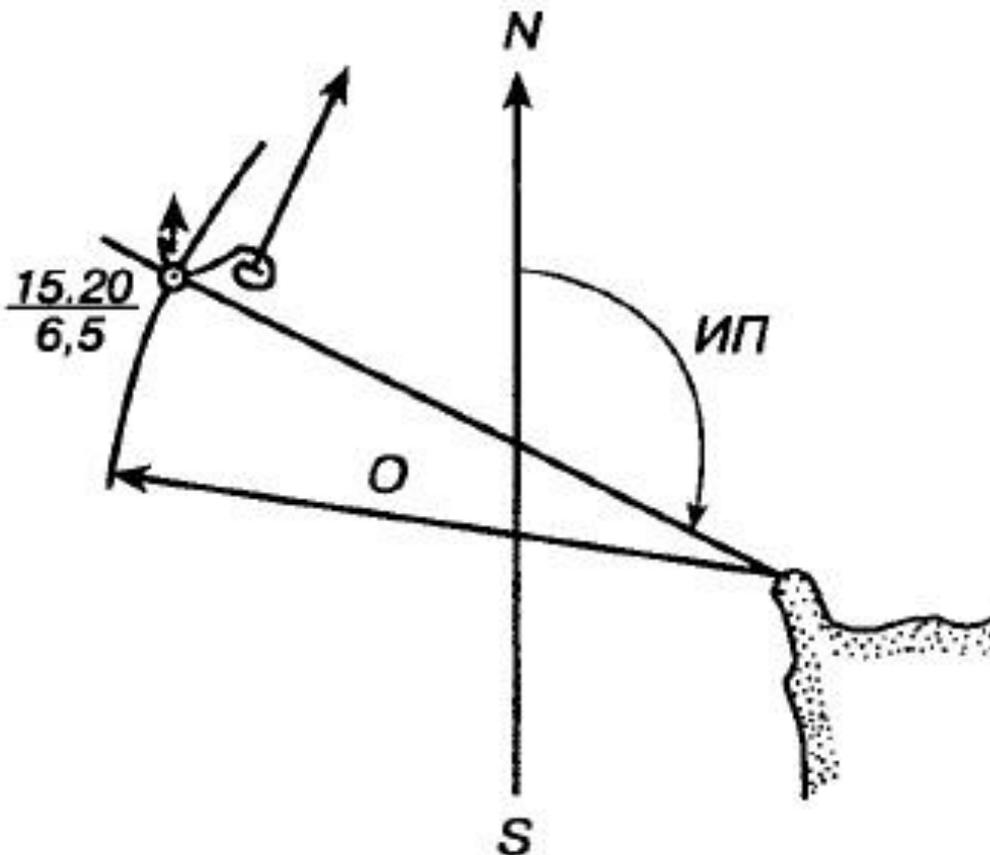
▪ при трех ориентирах

$$M_o = \frac{\sqrt{3m_D}}{\sqrt{\sin^2 \theta_1 + \sin^2 \theta_2 + \sin^2 (\theta_1 + \theta_2)}} \quad (3)$$

где θ – углы пересечения между линиями положения.

В общем случае третье расстояние повышает точность определения места на 10 – 20 %.

2. Определение места судна по радиолокационному пеленгу и расстоянию до одного ориентира (рис. 2).



Способ применяется, если в пределах действия РЛС находится один ориентир.

Порядок выполнения:

1. Одновременно взять пеленг на ориентир и измерить до него расстояние, заметить Т и ол.
2. Далее проложить ОИП ($ИП \pm 180^\circ$) от ориентира на карте.
3. Из ориентира как из центра окружности с радиусом, равным измеренному расстоянию, провести дугу окружности.
4. Место судна находится в пересечении пеленга с дугой окружности.
5. Рассчитывается счислимая точка на момент измерения и показывается невязка.

Рисунок 2 – Определение места судна по радиолокационному пеленгу и расстоянию до одного ориентира

При измерении пеленга его необходимо исправить поправкой гирокомпаса. Если же измерялся радиолокационный курсовой угол (**РЛКУ**) на ориентир, то истинный пеленг рассчитывается по формуле

$$ИП = КК_{ГК} + РЛКУ + \Delta ГК \quad (4)$$

Радиальная средняя квадратическая погрешность определения места судна по радиолокационному пеленгу и расстоянию:

$$M_o = \sqrt{\left(\frac{m_{рлп}^{\circ} D}{57,3^{\circ}}\right)^2 + m_D^2} \quad (5)$$

- где $m_{рлп}$ - СКП радиолокационного пеленга;
- m_D - СКП радиолокационного расстояния;
- D - радиолокационное расстояние.

3. Определение места судна по радиолокационным пеленгам.

Способ применяется при нескольких опознанных точечных ориентирах и порядок его выполнения практически не отличается от порядка ОМС по визуальным пеленгам.

Точность обсерваций
$$M_o = \frac{m_{рлп}^{\circ}}{57,3^{\circ} \sin\theta} \sqrt{D_1^2 + D_2^2} \quad (6)$$

- где $m_{рлп}$ - СКП измерения радиолокационного пеленга;
- D_1, D_2 - расстояния от обсервованного места до ориентиров, мили.



При определении места судна по пространственным ориентирам необходимо учитывать особенности изображения берега на экране РЛС.

Горы, холмы, возвышенности экранируют расположенные за ними местность, изображения от которой на экране не получается. Поэтому полуостров или мыс может быть принят за остров, что **влечет за собой опасную ошибку в опознании ориентиров**.

Изображения ориентиров, расстояния между которыми меньше разрешающей способности станции, на экране сливаются: их трудно или невозможно различить.

Объекты, облучаемые лучом станции "вскользь", почти касательно к их поверхности, наблюдаются очень плохо.

Низкие пляжи, песчаные косы, ледовый припай у берега обнаруживаются лишь на малых расстояниях или даже не наблюдаются.

Опознание расчлененного берега по вееру пеленгов и расстояний (рис.3).

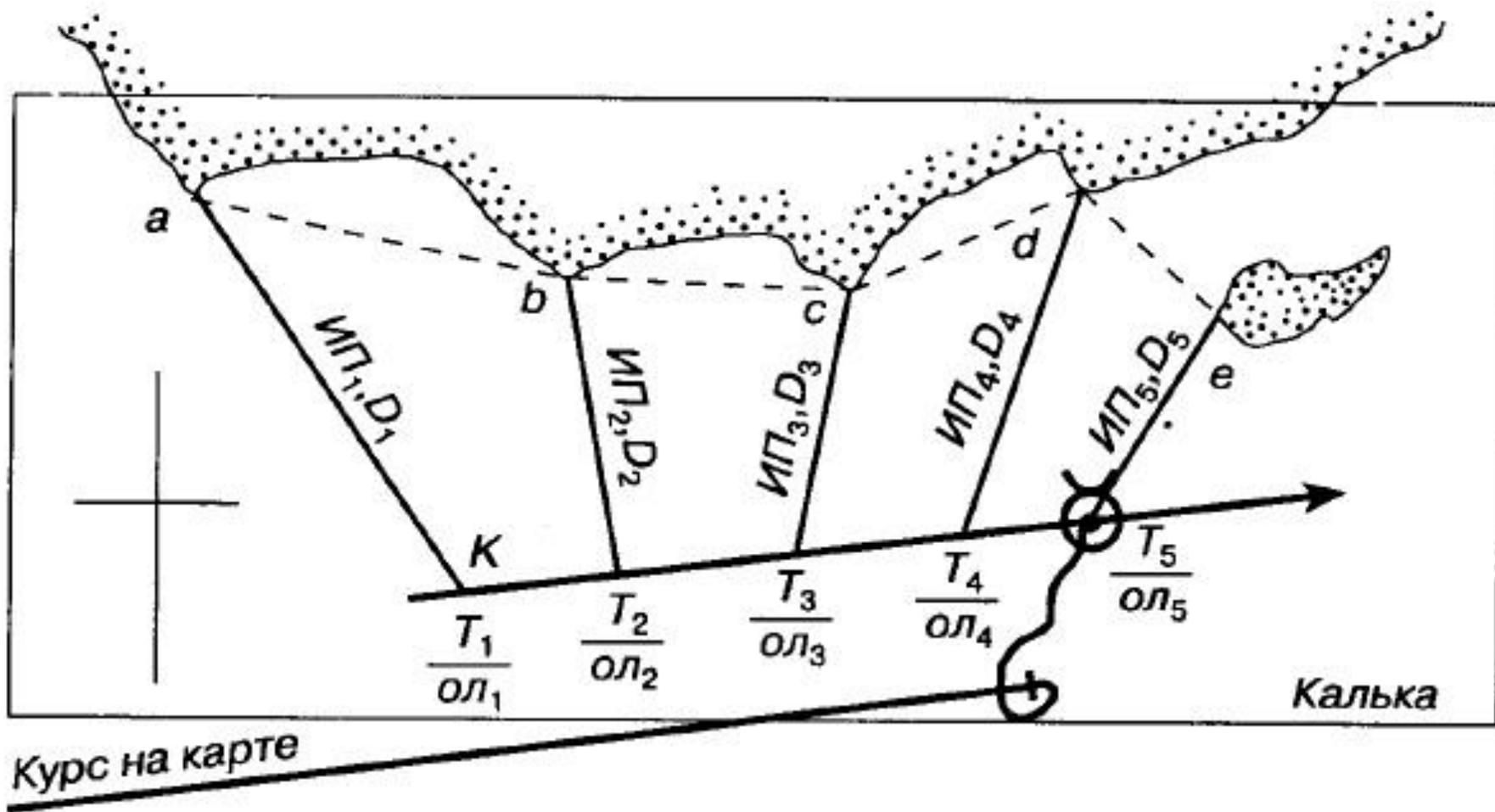


Рисунок 3 – Опознавание расчлененного берега по вееру радиолокационных пеленгов и расстояний



Порядок выполнения (рис. 3):

1. Измерив пеленги и дистанции до видимых на экране РЛС ориентиров, на кальке из произвольной точки К проводим меридиан и параллель, прокладываем истинные пеленги, а по ним откладываем в масштабе карты измеренные расстояния.

2. Затем кальку накладываем на карту таким образом, чтобы точка находилась в районе счислимого места судна на момент измерений.

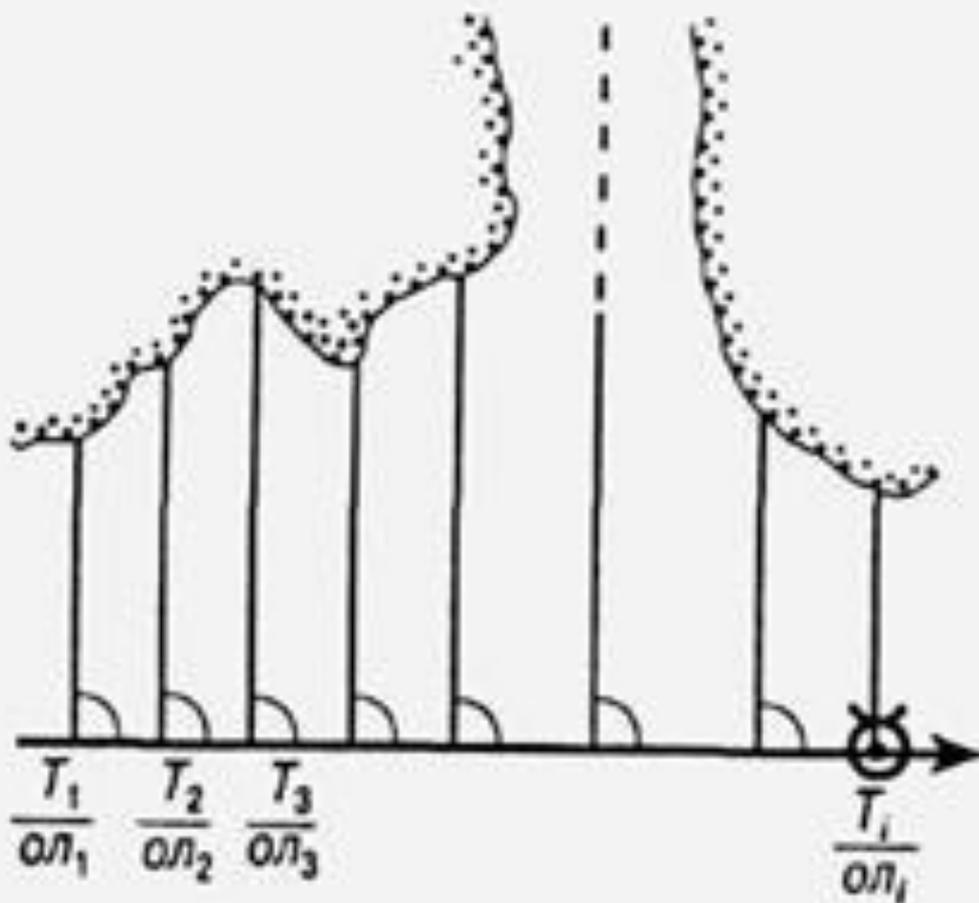
3. Сохраняя ориентировку кальки относительно меридиана и параллели на карте, находим такое положение кальки, при котором наибольшее число отложенных расстояний "упрется" в контуры объектов береговой черты.

4. Уколом циркуля место К переносим на карту и принимаем за ориентировочное.

Для большей уверенности необходимо повторить опознавание несколько раз, связывая полученные обсервованные точки счислением.

Отсутствие значительных расхождений укажет на то, что участок побережья опознан правильно.

Полученное место судна ненадежно и при удобном случае необходимо его определить другим способом.



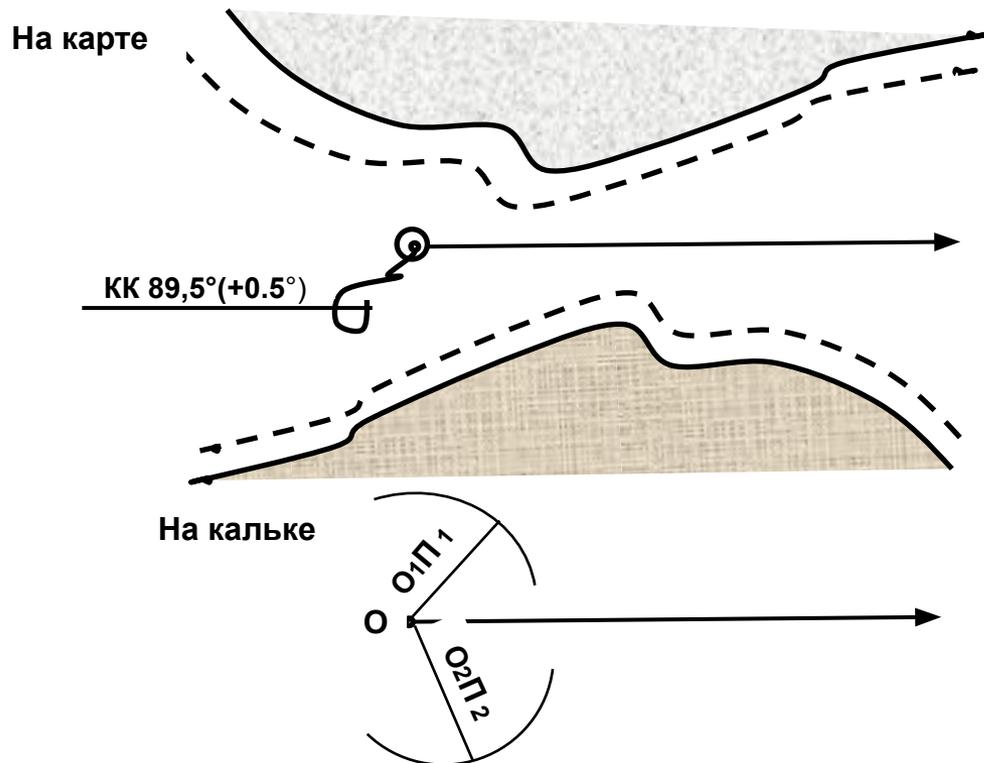
Способ применяется, когда судно идет вдоль крутого, обрывистого и изрезанного берега.

На постоянном КУ измеряются расстояния до берега через равные промежутки времени и замечаются соответственно отсчеты лага. На кальку наносится путь судна и пеленги с отложенными на них расстояниями (рис. 4).

Рисунок 4 – Определение места судна по радиолокационным расстояниям, измеренным на постоянном курсовом угле

Кальку передвигают около счислимого места так, чтобы путь судна на карте был параллелен пути на кальке. Это делается с таким расчетом, чтобы наибольшее число точек, отмечающих измеренное расстояние, совпадало с береговой чертой.

Рассмотренный способ определения места не дает высокой точности.



Определение места судна до ближайших к нему участков берега (рис.5).

Способ применяется при наличии в районе плавания крутых, обрывистых берегов.

Порядок выполнения способа:

1. Быстро и последовательно измеряются расстояния до нескольких ориентиров. При этом подвижный импульс дальности необходимо совмещать с той частью РЛИ, которая больше всего выступает в сторону судна.

Рисунок 5 – Определение места судна до ближайших к нему участков берега



2. Замечаются время и отсчет лага в момент измерения расстояния до последнего ориентира.

3. На кальке наносится линия пути судна и из произвольной точки O как из центра проводятся дуги окружностей радиусами, равными в масштабе карты измеренным расстояниям и линии пеленгов.

4. Калька накладывается на карту около счислимого места судна и перемещается таким образом, чтобы проведенные на ней дуги окружностей касались береговой черты. В точке O делается накол острием циркуля и отмечается обсервованное место судна.



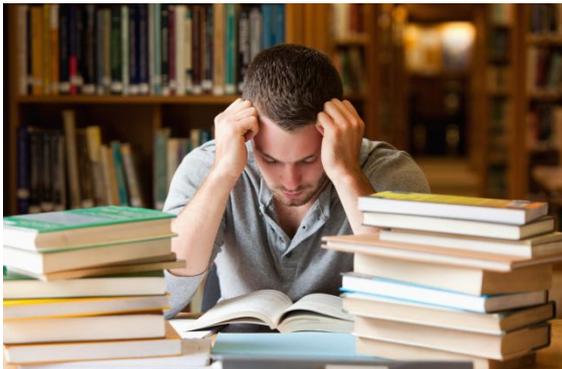
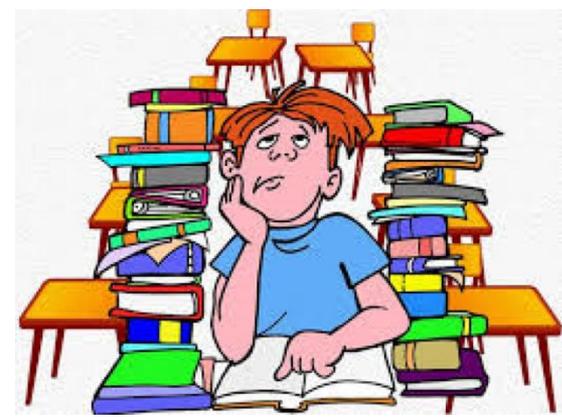
1. Измерение направлений и расстояний осуществляется с помощью судовых РЛС. Для определения направлений на ориентиры используются электронные и механические визеры, которые совмещаются с отметками эхо-сигналов на экране РЛС.

2. В общем случае измеренный радиолокационный пеленг должен быть исправлен тремя поправками поправкой за наклон палубы, поправкой системы курсоуказания и инструментальной поправкой.

3. Для измерения расстояний в навигационных РЛС применяются следующие устройства неподвижные кольца дальности (НКД), подвижное кольцо дальности (ПКД), подвижный визир дальности (ПВД) и индикатор точных координат (ИТК).

4. Основными способами определения места судна с помощью РЛС являются по расстояниям, измеренным до нескольких ориентиров, по радиолокационному пеленгу и расстоянию до одного ориентира, по расстояниям, измеренным на постоянном курсовом угле и до ближайших к нему участков берега.

5. Точность обсерваций каждым из способом рассчитываются по формулам, которые должны знать судоводители и умело применять их в практической деятельности,



1. Изучить материал лекции и законспектировать.

2. Контрольные вопросы:

1. Перечислите виды ориентировки изображения при измерении пеленга с помощью РЛС?
2. Какими ошибками сопровождается определение радиолокационного пеленга?
3. Укажите перечень наиболее систематических ошибок при измерении пеленга с помощью РЛС.
4. Дайте характеристику ошибки, вызываемой эксцентриситетом развертки.
5. Дайте характеристику ошибки, вызываемой рассогласованием направления антенны с указанием ее положения на экране ИКО (обнаружение, порядок учета).
6. Дайте характеристику ошибки в принимаемой поправке гирокомпаса?
7. Какие ошибки относятся к случайным ошибкам измерения радиолокационного пеленга?
8. В чем заключается влияние ширины диаграммы направленности РЛС в горизонтальной плоскости на измерение радиолокационного пеленга, предельные значения?
9. Дайте характеристику ошибки визирования.
10. Чему равна предельная ошибка измерения пеленга с помощью РЛС?
11. В чем заключается порядок измерения расстояний с помощью РЛС?
12. Какие факторы влияют на точность измерения расстояний с помощью НКД?
13. Охарактеризуйте способы измерения расстояний с помощью ПКД?
14. Охарактеризуйте группы способов использования судовой РЛС?
15. Приведите классификацию точечных ориентиров.
16. В чем заключается порядок определения места судна по расстояниям, измеренным до нескольких ориентиров?
17. В чем заключаются основные требования выбора ориентиров?
18. Как определяется радиальная средняя квадратическая погрешность определения места судна по расстояниям?
19. Поясните порядок определения места судна по радиолокационному пеленгу и расстоянию до одного ориентира?