

Содержание

Введение	3
Раздел 1. Форма и размеры земли. Картографические проекции	4
Практическое занятие №1. Расчет мч и рмч. Определение масштаба.	4
Практическое занятие №2. Расчет рамки и сетки морских карт.....	9
Еема 2 раздел 2. Аналитическое счисление.....	12
Практическое занятие №3, 4. Решение задач на определение рш и рд и конечных координат.....	12
Практическое занятие №5, 6, 7. Определение элементов дуги большого круга. Расчет ортодромии и координат вертекса, курсов и дистанций.	14
Раздел 3. Сферический треугольник.....	17
Практическое занятие №8, 9, 10. Решение параллактического треугольника. Решение задач по определению высоты светила. Решение задач по определению азимута светила.....	17
Раздел 4. Определение параметров движения судна.	20
Практическое занятие № 11. Определение направления и скорости истинного ветра.....	20
Практическое занятие № 12. Определение дрейфа и путевой скорости.	23
Практическое занятие № 13, 14. Определение курса и скорости течения во время плавания. Определение путевого угла и скорости.....	25
Практическое занятие № 15, 16. 17. Определение суммарного воздействия ветра и течения. Определение курса при дрейфе и сносе. Обратная задача. Определение пройденного расстояния при воздействии ветра и течения.....	27
Практическое занятие № 18, 19. Определение погрешностей измерения курса и дистанции. Определение скп счислимого места судна.	31
Практическое занятие № 20, 21 определение погрешностей пеленга и расстояния до ориентира. Определение скп обсерваций.	34
Используемые источники литературы.....	37

Введение

Рабочей программой дисциплины предусмотрено 21 практическое занятие.

Целью проведения практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретения практических навыков по отдельным темам дисциплины. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, конкретизируются и углубляются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность применять эти знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Выполнение практических занятий способствует формированию у обучающихся общих компетенций, включающих в себя способность:

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Выполнение практических занятий способствует формированию у обучающихся следующих профессиональных компетенций, соответствующие видам деятельности:

ВД.01	Управление и эксплуатация судна
Код	Профессиональные компетенции согласно ФГОС СПО
ПК.1.1.	Планировать и осуществлять переход в точку назначения, определять местоположение судна.

Перед проведением практических занятий курсанты обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель проверить их знания готовность к выполнению задания.

Текст выполняемых работ на практических занятиях курсанты должны писать ручкой понятным почерком. Схемы, эскизы, таблицы необходимо выполнять только карандашом с помощью чертежных инструментов.

После каждого практического занятия проводится защита, как правило, на следующем практическом занятии перед выполнением последующей работы.

На защите курсант должен: знать теорию по данной теме; пояснить, как проводится расчет; уметь проанализировать полученные результаты. Ответить на вопросы для самопроверки.

Раздел 1. Форма и размеры Земли. Картографические проекции**Практическое занятие №1. Расчет МЧ и РМЧ. Определение масштаба.****Цель занятия:**

Закрепление теоретического материала о форме Земли (эллипсоиде Красовского), развитии понятия меркаторской проекции. Формирование практических навыков расчета меридиональных частей (МЧ) и разности меридиональных частей (РМЧ) по стандартным формулам. Закрепление понимания масштаба морской карты и его расчета по различным данным. Развитие навыков работы с навигационными формулами и данными.

Основные формулы

1. Меридиональная часть (МЧ) для широты φ (в минутах дуги) на эллипсоиде Красовского:

$$МЧ = 3437.7468 * \ln(\operatorname{tg}(45^\circ + \varphi/2) * ((1 - e * \sin(\varphi)) / (1 + e * \sin(\varphi)))^{(e/2)})$$

Где:

- φ - широта точки (в градусах и десятичных долях или в градусах и минутах, переведенных в градусы с десятичными долями).
- e - эксцентриситет земного эллипсоида (≈ 0.081813334).
- \ln - натуральный логарифм.
- \sin - синус угла.
- tg - тангенс угла.
- *Примечание:* Аргументы тригонометрических функций обычно берутся в радианах. Убедитесь, что ваш калькулятор настроен правильно. Часто используется готовая таблица ТМО-1 (Таблицы для вычисления меридиональных частей и поправок в долготу).

2. Разность меридиональных частей (РМЧ) между двумя параллелями с широтами φ_1 и φ_2 :

$$РМЧ = МЧ(\varphi_2) - МЧ(\varphi_1)$$

- РМЧ выражается в минутах экватора (экваториальных минутах).
- Знак РМЧ показывает направление: $+$ при движении к северу, $-$ при движении к югу.

3. Масштаб карты (1:М):

- По известному расстоянию на местности (D) и расстоянию на карте (d):

$$1:M = d : D \text{ или } M = D / d$$

(Единицы измерения d и D должны быть одинаковыми!)

○ **Линейный масштаб:** Определяется по рамке карты (например, 1 см = 1 миле).

Порядок выполнения задач:

1. Внимательно прочитайте условие задачи. Определите, что требуется найти (МЧ, РМЧ, масштаб, расстояние на местности или на карте).
2. Выпишите все известные данные. Убедитесь в их единицах измерения (градусы/минуты широты, морские мили, километры, сантиметры, дюймы и т.д.). При необходимости выполните преобразования.
3. Выберите соответствующую формулу. Для МЧ - формула расчета меридиональной части. Для РМЧ - формула разности МЧ. Для масштаба - отношение расстояний.

Примеры решения задач по расчету РМЧ, масштаба и его применения

Ниже представлены практические задачи с решениями, охватывающие ключевые аспекты судовождения: расчет меридиональных частей (МЧ), разности меридиональных частей (РМЧ), определение масштаба карт и их применение в навигации. Задачи основаны на стандартных формулах и таблицах (например, ТМО-1 или МТ- 2000 для эллипсоида Красовского).

1. Задачи на расчет меридиональных частей (МЧ)

Теория:

Меридиональная часть (МЧ) — расстояние от экватора до заданной параллели в экваториальных милях (1 экв. миля = 1852 м). Рассчитывается по формуле:

$$МЧ = 3437.7468 * \ln(\operatorname{tg}(45^\circ + \varphi/2) * ((1 - e * \sin(\varphi)) / (1 + e * \sin(\varphi)))^{(e/2)})$$

где $e \approx 0.081813334$ (эксцентриситет Земли), φ — широта в градусах.

Задача 1:

Рассчитать МЧ для широты $35^\circ 15,0' N$. Использовать таблицу меридиональных частей (ТМО-1).

Решение:

1. Переводим широту в десятичный формат: $35^\circ 15,0' = 35 + 15/60 = 35.25^\circ$.
2. По таблице ТМО-1 для $\varphi = 35^\circ 15'$:
 - $МЧ(35^\circ) = 2212.4'$
 - $МЧ(35^\circ 15') = МЧ(35^\circ) + (\text{приращение для } 15')$.

Приращение для $15'$ (из таблицы) = $6.3'$.

3. $МЧ = 2212.4 + 6.3 = 2218.7'$.

Ответ: 2218.7 экв. миль.

Задача 2:

Определить МЧ для широты $62^{\circ}45,0' S$.

Решение:

1. Широта: $62^{\circ}45,0' = 62.75^{\circ}$.
2. По таблице МТ-63:
 - $МЧ(62^{\circ}45') = 4865.2'$ (значение для северной широты, для южной знак не меняется).

Ответ: $4865.2'$.

2. Задачи на разность меридиональных частей (РМЧ)

Теория:

РМЧ — разность МЧ двух параллелей: $РМЧ = МЧ(\varphi_2) - МЧ(\varphi_1)$. Измеряется в экваториальных милях и показывает изменение масштаба карты по широте.

Задача 3:

Судно перешло из точки $\varphi_1 = 40^{\circ}10,0' N$ в $\varphi_2 = 44^{\circ}55,0' N$. Найти РМЧ.

Решение:

1. По таблице МТ-63:
 - $МЧ(40^{\circ}10') = 2602.3'$
 - $МЧ(44^{\circ}55') = 3005.5'$
2. $РМЧ = 3005.5 - 2602.3 = 403.2'$.

Ответ: РМЧ = 403.2 экв. миль (знак "+" — движение к норду).

Задача 4:

Рассчитать РМЧ между параллелями $33^{\circ}20,0' S$ и $28^{\circ}05,0' S$.

Решение:

1. $МЧ(33^{\circ}20') = 2124.8'$
2. $МЧ(28^{\circ}05') = 1720.1'$
3. $РМЧ = 1720.1 - 2124.8 = -404.7'$.

Ответ: РМЧ = $-404.7'$ (движение к зюйду).

3. Задачи на определение масштаба карты

Теория:

Масштаб карты — отношение длины отрезка на карте к действительному расстоянию: $1:M = d / D$, где d — расстояние на карте, D — расстояние на местности. Единицы должны совпадать.

Задача 5:

Расстояние между мысами на местности — 8.5 морских миль. На карте это соответствует 17 см. Найти численный масштаб.

Решение:

1. Переводим мили в сантиметры:

$$8.5 \text{ миль} * 185200 \text{ см/миля} = 1,574,200 \text{ см.}$$

2. Масштаб: $1:M = 17 \text{ см} / 1,574,200 \text{ см} \rightarrow M = 1,574,200 / 17 \approx 92,600.$

Ответ: Масштаб карты 1:92 600.

Задача 6:

На карте масштаба 1:100 000 расстояние между бухами — 4.8 см. Найти действительное расстояние в милях.

Решение:

1. Расстояние на местности: $D = d * M = 4.8 \text{ см} * 100,000 = 480,000 \text{ см} = 4.8 \text{ км.}$

2. Переводим км в мили: $4.8 \text{ км} / 1.852 \approx 2.59 \text{ мили.}$

Ответ: 2.59 морских миль.

4. Задачи на применение масштаба в навигации

Теория:

Меркаторская миля — длина отрезка, изображающего 1' широты на карте. Зависит от широты: 1 мерк. миля = РМЧ для $\Delta\phi = 1'$.

Задача 7:

Рассчитать длину меркаторской мили в широте 50° .

Решение:

1. РМЧ для $\Delta\phi = 1'$ (из таблицы):

- $MЧ(49^\circ 59') = 3465.1'$

- $MЧ(50^\circ 00') = 3465.8'$

2. 1 мерк. миля = $3465.8 - 3465.1 = 0.7 \text{ экв. миль.}$

Ответ: 0.7 экв. миль (в широте 50° 1 миля на карте соответствует 0.7 см, если масштаб экватора 1:185200).

Задачи для практического занятия

Задача 1 (На расчет МЧ):

Рассчитайте меридиональную часть для широты $35^\circ 15.0' \text{ N}$. Округлите результат до сотых долей минуты.

Задача 2 (На расчет МЧ):

Рассчитайте меридиональную часть для широты $62^{\circ} 45.0' S$. Округлите результат до десятых долей минуты.

Задача 3 (На расчет РМЧ):

Судно следует из точки с широтой $\varphi_1 = 40^{\circ} 10.0' N$ в точку с широтой $\varphi_2 = 44^{\circ} 55.0' N$. Рассчитайте разность меридиональных частей (РМЧ) для этого перехода.

Задача 4 (На расчет РМЧ):

Определите РМЧ между параллелями $33^{\circ} 20.0' S$ и $28^{\circ} 05.0' S$. В каком направлении (к норду или зюйду) увеличивается МЧ?

Задача 5 (На определение масштаба):

Расстояние между двумя мысами на местности составляет 8.5 морских миль. На навигационной карте это расстояние равно 17 сантиметрам. Определите численный масштаб карты (1:М).

Задача 6 (На применение масштаба):

На карте масштаба 1:100 000 расстояние между буями А и В равно 4.8 см. Каково действительное расстояние между этими буями в морских милях? (Указание: 1 морская миля = 1852 метра).

Справочная таблица – Стандартные значения МЧ

Широта (φ)	Меридиональная часть (МЧ)
0°	0'
30°	1876.5'
45°	3013.6'
60°	4507.9'
80°	7321.3'

*Данные приблизительные; точные значения берутся из ТМО-1

Вопросы для самопроверки

1. Почему при расчете расстояния в меркаторской проекции нельзя использовать разность широт, умноженную на 1 милю?

2. Почему при расчете длины отрезка меридиана в меркаторской проекции (РМЧ) нельзя просто использовать разность широт, умноженную на длину одной минуты дуги меридиана (1 морскую милю)? Что учитывает формула МЧ?
3. Физический смысл: Чему равна разность меридиональных частей (РМЧ) в минутах экватора между двумя параллелями? Что эта величина представляет на карте в меркаторской проекции?
4. Как связана длина меркаторской мили с широтой места?
5. Карта А имеет масштаб 1:10 000, карта Б — 1:100 000. Какая карта детальнее?

Практическое занятие №2. Расчет рамки и сетки морских карт.

Цель занятия:

1. Закрепление знаний о параметрах картографической сетки в меркаторской проекции.
2. Формирование навыков расчета размеров рамки морской карты по заданным координатам.
3. Освоение методов построения картографической сетки (меридианы и параллели) с использованием таблиц меридиональных частей (ТМО-1).
4. Развитие умения определять масштаб карты на основе размеров рамки.

Основные понятия и формулы

1. Рамка карты:
 - Прямоугольник, ограничивающий участок карты, заданный координатами:

- φ_1, φ_2 — минимальная и максимальная широты
- λ_1, λ_2 — минимальная и максимальная долготы

2. Размеры рамки:

- Ширина (X) по параллели:

$$X = \frac{X = 1000 \Delta\lambda \cdot 1852 \cdot \cos \varphi_{\text{ср}} \cdot M}{1000}, \text{ мм}$$

где:

- $\Delta\lambda$ — разность долгот (в минутах),
- $\varphi_{\text{ср}}$ — средняя широта участка,
- M — знаменатель масштаба.

- Высота (Y) по меридиану:

$$Y = \frac{PMЧ \cdot 1852 \cdot M}{1000}, \text{ мм}$$

где РМЧ — разность меридиональных частей для φ_1 и φ_2 (из ТМО-1).

3. Шаг сетки:

○ Расстояние между меридианами/параллелями на карте рассчитывается аналогично, но для $\Delta\lambda$ шаг или $\Delta\varphi$ шаг.

4. Масштаб (1:М):

$$M = \frac{\text{расстояние на местности (м)}}{\text{расстояние на карте (м)}}$$

Пример решения задач

Задача:

Рассчитать размеры рамки (в мм) для карты масштаба 1:50 000, ограниченной параллелями $60^\circ 00' N$ и $60^\circ 30' N$, меридианами $30^\circ 00' E$ и $31^\circ 00' E$. Построить сетку с шагом $15'$ по широте и $30'$ по долготе.

Решение:

1. Исходные данные:

- $\varphi_1 = 60^\circ 00' N$, $\varphi_2 = 60^\circ 30' N \rightarrow \Delta\varphi = 30'$
- $\lambda_1 = 30^\circ 00' E$, $\lambda_2 = 31^\circ 00' E \rightarrow \Delta\lambda = 60'$
- $M = 50\ 000$

2. Расчёт высоты рамки (Y):

- РМЧ для $\Delta\varphi = 30'$ (из ТМО-1):

$$MЧ(60^\circ 00') = 4507.9', MЧ(60^\circ 30') = 4534.8' \rightarrow PMЧ = 4534.8 - 4507.9 = 26.9'$$

- $Y = \frac{26.9 \cdot 1852 \cdot 50\ 000}{1000} = 26.9 \cdot 92.6 = 2491,5 = 2491,5 \text{ мм}$

3. Расчёт ширины рамки (X):

- Средняя широта: $\varphi_{ср} = \frac{60^\circ 00' + 60^\circ 30'}{2} = 60^\circ 15'$
- $\cos(60.25^\circ) \approx 0.496$
- $X = \frac{60 \cdot 1852 \cdot 0.496 \cdot 50\ 000}{1000} = 60 \cdot 45.95 = 2757 \text{ мм}$

4. Построение сетки:

- Шаг по широте ($15'$):

РМЧ для $15' = 13.45' \rightarrow$ Расстояние между параллелями:

$$\frac{13.45 \cdot 1852 \cdot 50\ 000}{1000} = 1245.7 \text{ мм.}$$

- Шаг по долготе ($30'$):

$$\Delta\lambda = 30' \Delta\lambda = 30', X_{шаг} = \frac{30 \cdot 1852 \cdot 0.496 \cdot 50\ 000}{1000} = 1378.5 \text{ мм.}$$

Ответ:

- Размеры рамки: 2757 × 2491.5 мм.
- Сетка: параллели через каждые 1245.7 мм, меридианы через каждые 1378.5 мм.

Задачи для практического занятия

Задача 1:

Рассчитайте ширину рамки карты масштаба 1:100 000, ограниченной меридианами 20°00' E и 22°00' E на широте 50° N.

Задача 2:

Определите высоту рамки для участка между параллелями 45°00' N и 46°00' N (масштаб 1:75 000). Используйте ТМО-1:

- $MЧ(45^\circ) = 3013.6'$, $MЧ(46^\circ) = 3093.5'$.

Задача 3:

Карта масштаба 1:50 000 имеет рамку размером 400 × 300 мм. Рассчитайте, между какими меридианами она построена, если средняя широта участка $\varphi = 55^\circ N$.

Задача 4:

Постройте сетку меридианов с шагом 1° для карты масштаба 1:200 000, где:

- $\lambda_1 = 40^\circ 00' E$, $\lambda_2 = 45^\circ 00' E$, $\varphi = 60^\circ N$.

Задача 5:

Определите масштаб карты, если расстояние между параллелями 30°00' N и 30°15' N на ней составляет 80 мм. РМЧ для $\Delta\varphi = 15' = 9.1'$.

Задача 6:

Рассчитайте шаг параллелей (в мм) для карты масштаба 1:150 000, ограниченной широтами 70°00' N и 71°00' N. Данные ТМО-1:

- $MЧ(70^\circ) = 5778.2'$, $MЧ(71^\circ) = 5945.7'$.

Вопросы для самопроверки

1. Почему ширина рамки зависит от средней широты участка?

Как РМЧ влияет на высоту рамки?

2. Что произойдёт с расстоянием между меридианами на карте при смещении участка от экватора к полюсу?

3. Как определить шаг сетки, если карта должна отображать 10 морских миль в 1 см?

Тема 2 Раздел 2. Аналитическое счисление**Практическое занятие №3, 4. Решение задач на определение РШ и РД и конечных координат.****Цель занятия:**

1. Закрепление понятий разности широт (РШ) и разности долгот (РД) в судовождении.
2. Формирование навыков вычисления РШ и РД по координатам точек.
3. Освоение формул аналитического счисления для определения координат судна.
4. Развитие умения решать навигационные задачи с использованием сферической тригонометрии.

Основные понятия и формулы:

1. Разность широт (РШ, $\Delta\varphi$):
 - $\text{РШ} = \varphi_2 - \varphi_1$ (в минутах дуги).
 - Положительна при движении к норду (N), отрицательна — к зюйду (S).
2. Разность долгот (РД, $\Delta\lambda$):
 - $\text{РД} = \lambda_2 - \lambda_1$ (в минутах дуги).
 - Положительна при движении к ост (E), отрицательна — к весту (W).
3. Отстояние (ОТШ, DEP):
 - Проекция пройденного расстояния на параллель:
 $\text{ОТШ} = D \cdot \sin(\text{ИК})$,
где D — расстояние (мили), ИК — истинный курс.
4. Связь РД и ОТШ:
 $\text{РД} = \text{ОТШ} \cdot \sec(\varphi_{\text{ср}})$,
где $\varphi_{\text{ср}} = (\varphi_1 + \varphi_2) : 2$ (средняя широта).
5. Координаты судна после перехода:
 - $\varphi_2 = \varphi_1 + \text{РШ}$,
 - $\lambda_2 = \lambda_1 + \text{РД}$.

Пример решения задачи:

Задача:

Судно вышло из точки $\varphi_1 = 44^\circ 30.0' \text{ N}$, $\lambda_1 = 35^\circ 15.0' \text{ W}$.

Пройдя 120 миль истинным курсом $60^\circ 60'$, оно пришло в новую точку. Определите координаты точки пришествия.

Решение:

1. Рассчитываем РШ:

$$\text{РШ} = D \cdot \cos(\text{ИК}) = 120 \cdot \cos(60^\circ) = 120 \cdot 0.5 = 60.0' \text{ (к N)}$$

- Переводим РШ в градусы: $60' = 1^\circ$.
- $\varphi_2 = 44^\circ 30.0' + 1^\circ 00.0' = 45^\circ 30.0' \text{ N}$.

2. Рассчитываем ОТШ:

$$\text{ОТШ} = D \cdot \sin(\text{ИК}) = 120 \cdot \sin(60^\circ) = 120 \cdot 0.8660 \approx 103.9' \text{ (к E)}$$

3. Рассчитываем РД:

- Средняя широта: $\varphi_{\text{ср}} = 44^\circ 30' + 45^\circ 30' / 2 = 45^\circ 00'$.
- $\sec(45^\circ) = 1 / \cos(45^\circ) \approx 1.414$.

$$\text{РД} = \text{ОТШ} \cdot \sec(\varphi_{\text{ср}}) = 103.9 \cdot 1.414 \approx 146.9' \text{ (к E)}$$

- Переводим РД в градусы: $146.9' = 2^\circ 26.9'$.
- $\lambda_2 = 35^\circ 15.0' \text{ W} - 2^\circ 26.9' = 32^\circ 48.1' \text{ W}$ (движение на восток уменьшает западную долготу).

Ответ: $\varphi_2 = 45^\circ 30.0' \text{ N}$, $\lambda_2 = 32^\circ 48.1' \text{ W}$.

Задачи для практического занятия:

Задача 1:

Судно вышло из точки $\varphi_1 = 50^\circ 10.0' \text{ N}$, $\lambda_1 = 004^\circ 20.0' \text{ W}$. Пройдя 80 миль курсом $120^\circ 120'$, определите координаты точки пришествия.

Задача 2:

Рассчитайте РШ и РД для перехода из точки А ($\varphi_A = 35^\circ 20.0' \text{ S}$, $\lambda_A = 170^\circ 00.0' \text{ E}$) в точку В ($\varphi_B = 38^\circ 45.0' \text{ S}$, $\lambda_B = 172^\circ 30.0' \text{ E}$).

Задача 3:

Судно прошло 100 миль курсом 300° из точки $\varphi_1 = 40^\circ 00.0' \text{ N}$, $\lambda_1 = 030^\circ 00.0' \text{ W}$. Найдите координаты точки пришествия.

Задача 4:

Определите курс и расстояние между точками

$\varphi_1 = 55^\circ 00.0' \text{ N}$, $\lambda_1 = 020^\circ 00.0' \text{ E}$ и $\varphi_2 = 56^\circ 12.0' \text{ N}$, $\lambda_2 = 018^\circ 30.0' \text{ E}$.

Задача 5:

Судно переместилось на юг на 75 миль и на восток на 60 миль (ОТШ) из точки $\varphi_1 = 30^\circ 00.0' \text{ N}$, $\lambda_1 = 060^\circ 00.0' \text{ W}$. Найдите новые координаты.

Задача 6:

Рассчитайте РД, если ОТШ = 85 миль к западу, а средняя широта перехода $\varphi_{ср}=60^{\circ}00.0' N$.

Вопросы для самопроверки

1. Как направление движения влияет на знак РШ и РД?
2. Почему для расчета РД используется именно средняя широта?
3. Может ли ОТШ превышать пройденное расстояние?
4. Как изменится РД при переходе в высоких широтах?
5. Что делать, если при расчете λ_2 выходит значение $>180^{\circ}$?

Методические рекомендации

- Точность расчетов:
 - Координаты широты округлять до $0.1'$, долготы — до $0.1'$.
 - Углы курса — до 1° , расстояния — до 0.1 мили.
- Контроль правильности:
 - Проверять знаки РШ/РД согласно направлению.
 - Убедиться, что $\varphi_2 \varphi_1$ не превышает 90° .
- Особые случаи:
 - При пересечении экватора или Гринвичского меридиана учесть смену полушарий.
 - При $\varphi_{ср}=90^{\circ}$ формула РД неприменима (использовать методы счисления в полярных областях).

Практическое занятие №5, 6, 7. Определение элементов Дуги большого круга. Расчет ортодромии и координат вертекса, курсов и дистанций.**Цель занятия:**

1. Закрепить понимание дуги большого круга (ДБК) как кратчайшего расстояния между двумя точками на сфере.
2. Научиться рассчитывать начальный курс (ИКн) и расстояние (D) по ДБК.
3. Освоить методы вычисления координат вершины ДБК и промежуточных точек.
4. Сравнить ДБК с локсодромией для оптимизации маршрутов.

Основная теория

Дуга большого круга (ДБК):

- Линия пересечения поверхности Земли с плоскостью, проходящей через её центр и две заданные точки.
- Кратчайшее расстояние между точками на сфере (ортодромия).
- Курс судна вдоль ДБК постоянно изменяется (кроме движения по экватору или меридиану).

Ключевые формулы:

1. Расстояние по ДБК (D):

$$\cos D = \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \Delta \lambda$$

где:

- φ_1, φ_2 — широты точек (в градусах \rightarrow радианах),
- $\Delta \lambda = |\lambda_2 - \lambda_1|$ — разность долгот.
- Результат D в градусах дуги: перевести в мили: $D_{\text{мили}} = D \times 60$.

2. Начальный курс (ИКН):

$$\tan \text{ИКН} = \frac{\sin \Delta \lambda}{\cos \varphi_1 \cdot \tan \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cdot \cos \Delta \lambda}$$

- Учесть четверть круга по знакам координат.

3. Координаты вертекса – вершины ДБК (наивысшая широта):

$$\begin{cases} \sin \varphi_v = \cos \varphi_1 \cdot \sin \text{ИКН} \\ \cos(\lambda_v - \lambda_1) = \frac{\tan \varphi_1}{\tan \varphi_v} \end{cases}$$

Пример решения задачи

Задача:

Рассчитать расстояние и начальный курс по ДБК из точки А ($\varphi_A = 50^\circ 00.0'N$, $\lambda_A = 010^\circ 00.0'W$) в точку Б ($\varphi_B = 40^\circ 00.0'N$, $\lambda_B = 050^\circ 00.0'W$).

Решение:

1. Дано:

- $\varphi_1 = 50^\circ$, $\varphi_2 = 40^\circ$,
- $\Delta \lambda = |-50^\circ - (-10^\circ)| = 40^\circ$.

2. Расчет расстояния DD :

$$\cos D = \sin(50^\circ) \cdot \sin(40^\circ) + \cos(50^\circ) \cdot \cos(40^\circ) \cdot \cos(40^\circ)$$

- $\sin(50^\circ) \approx 0.7648$, $\sin(40^\circ) \approx 0.6428$,
- $\cos(50^\circ) \approx 0.6428$, $\cos(40^\circ) \approx 0.7660$

$$\cos D = (0.7648 \cdot 0.6428) + (0.6428 \cdot 0.7660 \cdot 0.7660) \approx 0.4915 + 0.3772 = 0.8687$$

$$D = \arccos(0.8687) \approx 29.7^\circ \Rightarrow D = 29.7 \times 60 = 1782 \text{ мили.}$$

Расчет начального курса (ИКн):

$$\tan \text{ИКн} = \frac{\sin(40^\circ)}{\cos(50^\circ) \cdot \tan(40^\circ) - \sin(50^\circ) \cdot \cos(40^\circ)}$$

- $\sin(40^\circ) \approx 0.6428$, $\cos(50^\circ) \approx 0.6428$,
- $\tan(40^\circ) \approx 0.8391$, $\cos(40^\circ) \approx 0.7660$.

$$\tan \text{ИКн} = \frac{0.64280}{(0.6428 \cdot 0.8391) - (0.7648 \cdot 0.7660)} \approx -13.763$$

- $\text{ИКн} = \arctan(-13.763) \approx -85.8^\circ$.
- Учитываем движение на запад и юг: $\text{ИКн} = 360^\circ - 85.8^\circ = 274.2^\circ$

Ответ:

- Расстояние: 1782 мили,
- Начальный курс: 274.2° .

Задачи для практического занятия

Задача 1:

Рассчитайте расстояние по ДБК из Лондона ($\varphi_1 = 51^\circ 30' N$, $\lambda_1 = 0^\circ 05' W$) в Нью-Йорк ($\varphi_2 = 40^\circ 30' N$, $\lambda_2 = 74^\circ 00' W$).

Задача 2:

Определите начальный курс из Токио ($\varphi_1 = 35^\circ 40' N$, $\lambda_1 = 139^\circ 45' E$) в Сан-Франциско ($\varphi_2 = 37^\circ 48' N$, $\lambda_2 = 122^\circ 25' W$).

Задача 3:

Найдите координаты вершины ДБК для маршрута Сидней ($\varphi_1 = 33^\circ 52' S$, $\lambda_1 = 151^\circ 12' E$) – Сантьяго ($\varphi_2 = 33^\circ 27' S$, $\lambda_2 = 70^\circ 40' W$).

Задача 4:

Судно идет по ДБК из точки А ($\varphi_1 = 60^\circ N$, $\lambda_1 = 30^\circ W$) в точку Б ($\varphi_2 = 30^\circ N$, $\lambda_2 = 50^\circ W$).
Рассчитайте курс в точке с широтой $\varphi = 45^\circ N$.

Задача 5:

Сравните расстояния по ДБК и локсодромии между Кейптауном ($\varphi_1 = 33^\circ 55' S$, $\lambda_1 = 18^\circ 25' E$) и Рио-де-Жанейро ($\varphi_2 = 22^\circ 54' S$, $\lambda_2 = 43^\circ 12' W$).

Задача 6:

Определите долготу точки пересечения ДБК (Сингапур → Лос-Анджелес) с экватором.

Координаты: Сингапур ($\varphi_1 = 1^\circ 22' N$, $\lambda_1 = 103^\circ 48' E$), Лос-Анджелес ($\varphi_2 = 34^\circ 03' N$, $\lambda_2 = 118^\circ 15' W$).

Вопросы для самопроверки

1. Почему ДБК короче локсодромии?
2. Как изменяется курс при движении по ДБК?
3. Когда ДБК совпадает с локсодромией?
4. Для чего определяют вершину ДБК?

Методические рекомендации

- Точность расчетов:
 - Углы в формулах — в радианах (конвертировать: $\text{рад} = \text{град} \times \pi / 180$; $\text{град} = \text{рад} \times 180 / \pi$).
 - Широту/долготу переводить в десятичные градусы: $50^\circ 30' = 50.5^\circ$.
 - Проверка результатов:
 - Для точек на экваторе или меридиане провести контроль прямым расчетом.
 - Использовать онлайн-калькуляторы (Great Circle Mapper) для верификации.
 - Практическое применение:
 - ДБК используют для океанских переходов; локсодромию — для малых расстояний.
 - Вершину ДБК включают в план перехода для оценки рисков.
- Решая задачи, обращайте внимание на знаки широт (N/S) и направление долгот (E/W)!

Раздел 3. Сферический треугольник.

Практическое занятие №8, 9, 10. Решение параллактического треугольника. Решение задач по определению высоты светила. Решение задач по определению азимута светила.

Цель занятия:

1. Освоить методику решения астрономического сферического треугольника PZ γ S.
2. Научиться вычислять высоту (h) и азимут (A) светила по формулам сферической тригонометрии.
3. Сформировать навыки применения формул для навигационных расчетов.

4. Закрепить понимание связи экваториальных и горизонтных координат.

Теоретические основы

Астрономический сферический треугольник PZγS:

- Вершины:
 - P — Полюс мира
 - Z — Зенит наблюдателя
 - S — Светило
- Стороны:
 - $PZ = 90^\circ - \varphi$ (φ — широта места)
 - $PS = 90^\circ - \delta$ (δ — склонение светила)
 - $ZS = 90^\circ - h$ (h — высота светила)
- Углы:
 - При Z — азимут светила (A)
 - При P — часовой угол (t)

Ключевые формулы:

1. Формула для высоты светила:

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$$

2. Формула для азимута:

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cdot \sin h}{\cos \varphi \cdot \cos h}$$

Пример решения задачи

Задача:

Наблюдатель в точке с $\varphi = 50^\circ$ N. Светило: $\delta = 20^\circ$ N, $t = 30^\circ$ E.

Найти h и A .

Решение:

1. Расчет высоты h :

$$\sin h = \sin 50^\circ \cdot \sin 20^\circ + \cos 50^\circ \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 30^\circ = 0,7851 \quad h = 51,729^\circ \quad h = 51^\circ + (0,72951 \cdot 60)$$

$$h = 50^\circ 43,7'$$

2. Расчет азимута A :

$$3. \quad \cos A = \frac{\sin 20^\circ - \sin 50^\circ \cdot \sin 51,729^\circ}{\cos 50^\circ \cdot \cos 51,729^\circ} = \frac{0,342 - 0,766 \cdot 0,785}{0,643 \cdot 0,619} = \frac{-0,2594}{0,3981} = -0,6516 \Rightarrow A \approx 130,6^\circ$$

Ответ:

- Высота: $h = 50^\circ 43,7'$
- Азимут: $A \approx 130,6^\circ$ NE.

Задачи для практического занятия

Задача 1:

$$\varphi = 60^\circ \text{ N}, \delta = 40^\circ \text{ N}, t = 45^\circ.$$

Найти h и A .

Задача 2:

$$\varphi = 30^\circ \text{ S}, \delta = 10^\circ \text{ S}, t = 60^\circ.$$

Найти h и A .

Задача 3:

$$\varphi = 0^\circ, \delta = 15^\circ \text{ N}, t = 30^\circ.$$

Найти h и A .

Задача 4:

$$\varphi = 45^\circ \text{ N}, \delta = 30^\circ \text{ S}, t = 120^\circ.$$

Найти h и A .

Задача 5:

$$\varphi = 35^\circ \text{ N}, \delta = 0^\circ, t = 45^\circ.$$

Найти h и A .

Задача 6:

$$\varphi = 55^\circ \text{ S}, \delta = 20^\circ \text{ N}, t = 90^\circ.$$

Найти h и A .*Вопросы для самопроверки*

1. Как изменяется высота светила при увеличении часового угла?
2. Как влияет знак склонения на высоту светила?
3. Для каких светил формула для h не работает?

Методические рекомендации

- Точность расчетов:
 - Углы вводить в градусах.
 - $\sin h$ округлять до 0.0001, h — до 0.001°.
 - Азимут определять с точностью до 0.1°.
- Контроль результатов:
 - Для светила в кульминации: $h = 90^\circ - |\varphi - \delta|$.
 - При $t=0^\circ$: $A=180^\circ$ (юг) для $\delta < \varphi$.
 - Определение наименования азимута. При tE , то $A NE$, при tW , то $A NW$.
- Практическое применение:

- Расчет h и A для измерения секстаном.
- Построение высотных позиционных линий.

Раздел 4. Определение параметров движения судна.

Практическое занятие № 11. Определение направления и скорости

истинного ветра.

Цель занятия:

1. Освоить методику расчета истинного ветра по данным о движении судна и кажущемуся и вымпельному ветру.
2. Сформировать навыки построения и решения векторного треугольника скоростей.
3. Научиться определять направление (румб) и скорость истинного ветра для навигационных расчетов.
4. Закрепить понимание связи между курсом судна, кажущимся и истинным ветром.

Теоретические основы

Ключевые понятия:

1. Истинный ветер (ИВ) - реальный ветер относительно земной поверхности:
 - Направление: румб, откуда дует ветер (в градусах)
 - Скорость: $V_{и}$ (узлы или м/с)
2. Вымпельный ветер (ВВ) - ветер, воспринимаемый на движущемся судне:
 - Направление: угол между ДП судна и направлением ветра (α)
 - Скорость: $V_{в}$ (узлы или м/с)
3. Курсовой ветер (КВ) - ветер от движения судна:
 - Направление: совпадает с курсом судна
 - Скорость: $V_{кв} = V_{с}$ (скорости судна)

Формулы для расчета:

1. Компоненты истинного ветра:

$$V_{и\ x} = V_{в} \cdot \sin(\alpha + K_{с}) - V_{с} \cdot \sin(K_{с})$$

$$V_{и\ y} = V_{в} \cdot \cos(\alpha + K_{с}) - V_{с} \cdot \cos(K_{с})$$

2. Скорость истинного ветра:

$$V_{и} = \sqrt{(V_{иx}^2 + V_{иy}^2)}$$

3. Направление истинного ветра:

$$\text{Румб} = \arctan2(V_{иx}, V_{иy}) + 180^\circ \text{ (с приведением к } 0\text{-}360^\circ\text{)}$$

Пример решения задачи

Задача:

Судно движется курсом $K_c = 60^\circ$ со скоростью $V_c = 12$ узлов. Вымпельный ветер дует под углом $\alpha = 45^\circ$ к ДП с правого борта, скорость $V_v = 15$ узлов. Определить параметры истинного ветра.

Решение:

1. Расчет компонент:

$$\begin{aligned} \circ \quad V_{иx} &= 15 \cdot \sin(60^\circ + 45^\circ) - 12 \cdot \sin(60^\circ) = 15 \cdot \sin(105^\circ) - 12 \cdot \sin(60^\circ) \\ &= 15 \cdot 0.9659 - 12 \cdot 0.8660 = 14.4885 - 10.392 = 4.0965 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circ \quad V_{иy} &= 15 \cdot \cos(105^\circ) - 12 \cdot \cos(60^\circ) = 15 \cdot (-0.2588) - 12 \cdot 0.5 \\ &= -3.882 - 6 = -9.882 \end{aligned}$$

2. Скорость истинного ветра:

$$V_{и} = \sqrt{(4.0965^2 + (-9.882)^2)} = \sqrt{(16.78 + 97.66)} = \sqrt{114.44} \approx 10.7 \text{ узлов}$$

3. Направление истинного ветра:

$$\circ \quad \theta = \arctan2(4.0965, -9.882) \approx \arctan(-0.414)$$

$$\circ \quad \text{Учет квадранта: } \theta = 180^\circ - 22.5^\circ = 157.5^\circ \text{ (где } 22.5^\circ = \arctan(0.414)\text{)}$$

$$\circ \quad \text{Румб} = 157.5^\circ + 180^\circ = 337.5^\circ$$

Ответ:

Истинный ветер: 337.5° , скорость 10.7 узлов.

Задачи для практического занятия

Задача 1:

$K_c = 0^\circ$, $V_c = 10$ узлов, $\alpha = 30^\circ$ (правый борт), $V_v = 12$ узлов.

Найти $V_{и}$ и румб истинного ветра.

Задача 2:

$K_c = 90^\circ$, $V_c = 15$ узлов, $\alpha = 180^\circ$ (корма), $V_v = 8$ узлов.

Рассчитать параметры истинного ветра.

Задача 3:

$K_c = 180^\circ$, $V_c = 5$ узлов, $\alpha = 90^\circ$ (левый борт), $V_v = 10$ узлов.

Определить направление и скорость истинного ветра.

Задача 4:

$K_c = 270^\circ$, $V_c = 20$ узлов, $\alpha = 45^\circ$ (правый борт), $V_v = 25$ узлов.

Вычислить V_i и румб.

Задача 5:

$K_c = 45^\circ$, $V_c = 8$ узлов, $\alpha = 120^\circ$ (носовые курсовые углы), $V_v = 15$ узлов.

Найти истинный ветер.

Задача 6:

$K_c = 120^\circ$, $V_c = 18$ узлов, $\alpha = 60^\circ$ (левый борт), $V_v = 22$ узлов.

Определить параметры истинного ветра.

Вопросы для самопроверки

1. Почему вымпельный ветер отличается от истинного?
2. Как направление курса судна влияет на вектор KB ?
3. В каком случае $V_i = V_v$?
4. Как определить сторону ветра (правый/левый борт) по знакам компонент?
5. Почему при расчете румба к θ прибавляют 180° ?

Методические рекомендации

1. Порядок решения:
 - Перевести углы в десятичные градусы
 - Рассчитать компоненты V_{i_x} и V_{i_y}
 - Вычислить модуль скорости V_i
 - Определить угол θ через $\arctan 2$
 - Рассчитать румб = $\theta + 180^\circ$ (нормализовать к $0-360^\circ$)
2. Точность расчетов:
 - Углы: до 1°
 - Скорость: до 0.1 узла
 - Направление: до 0.5°
3. Контроль результатов:
 - При $V_c = 0$: $V_i = V_v$
 - При движении против ветра: $V_i > V_v$
 - При движении по ветру: $V_i < V_v$

Практическое занятие № 12. Определение дрейфа и путевой скорости.**Цель занятия:**

1. Освоить методику расчета угла дрейфа судна под действием ветра.
2. Сформировать навыки определения поправки курса на ветровой дрейф.
3. Научиться применять векторные методы для учета влияния ветра.
4. Закрепить понимание факторов, влияющих на величину угла дрейфа.

Теоретические основы**Ключевые понятия:**

1. Угол сноса (α) - угол между ДП судна и вектором путевой скорости из-за ветра:

- $\alpha > 0$ - снос на правый борт
 - $\alpha < 0$ - снос на левый борт
2. Компоненты влияния ветра:
 - V_v - скорость ветра (узлы)
 - θ_v - направление ветра (румб)
 - V_o - скорость судна (узлы)

Формулы:

1. Ветровой угол:

$$\gamma = |\theta_v - ИК|$$

2. Угол сноса:

$$\tan \alpha = (V_v \cdot \sin \gamma) / (V_o + V_v \cdot \cos \gamma)$$

3. Путевая скорость:

$$V_{пу\alpha} = V_o \cdot \cos \alpha$$

Пример решения задачи**Задача:**

Судно движется ИК = 60° со скоростью $V_c = 12$ узлов. Ветер: $\theta_v = 120^\circ$, $V_v = 15$ узлов. Найти угол сноса α .

Решение:

1. Ветровой угол:

$$\gamma = |120^\circ - 60^\circ| = 60^\circ$$

2. Расчет угла сноса:

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= (15 \cdot \sin 60^\circ) / (12 + 15 \cdot \cos 60^\circ) = (15 \cdot 0.8660) / (12 + 15 \cdot 0.5) = \\ &= 12.99 / (12 + 7.5) = 12.99 / 19.5 \approx 0.6662 \end{aligned}$$

$$\alpha = \arctan(0.6662) \approx 33.7^\circ$$

3. Знак угла:

Ветер с правого борта $\rightarrow \alpha = - 33.7^\circ$

Ответ:

Угол сноса: $\alpha = - 33.7^\circ$.

Задачи для практического занятия

Задача 1:

ИК = 0° , $V_c = 10$ узлов, $\theta_v = 90^\circ$, $V_v = 12$ узлов.

Найти α и V_g .

Задача 2:

ИК = 45° , $V_c = 15$ узлов, $\theta_v = 180^\circ$, $V_v = 10$ узлов.

Рассчитать α .

Задача 3:

ИК = 90° , $V_c = 8$ узлов, $\theta_v = 270^\circ$, $V_v = 15$ узлов.

Определить α и V_g .

Задача 4:

ИК = 30° , $V_c = 20$ узлов, $\theta_v = 120^\circ$, $V_v = 18$ узлов.

Вычислить α .

Задача 5:

ИК = 300° , $V_c = 12$ узлов, $\theta_v = 30^\circ$, $V_v = 20$ узлов.

Найти α и V_g .

Задача 6:

ИК = 225° , $V_c = 15$ узлов, $\theta_v = 135^\circ$, $V_v = 25$ узлов.

Определить α .

Вопросы для самопроверки

1. Как направление ветра (правый/левый борт) влияет на знак α ?
2. Почему при встречном ветре $\alpha = 0^\circ$?
3. Как скорость судна влияет на величину α ?
4. В каком случае α будет максимальным?
5. Почему при попутном ветре $V_{пу\alpha} > V_o$?

Методические рекомендации

- Рассчитать ветровой угол γ

- Вычислить $\tan \alpha$ по формуле
- Определить $\alpha = \arctan(\tan \alpha)$
- Назначить знак α по положению ветра
- При необходимости найти $V_{пу\alpha} = V_c \cdot \cos \alpha$

Практическое занятие № 13, 14. Определение курса и скорости течения во время плавания. Определение путевого угла и скорости.

Цель занятия:

1. Освоить методику расчета угла сноса от течения и путевой скорости.
2. Сформировать навыки построения и решения навигационного векторного треугольника.
3. Научиться определять путевой угол (ПУ) и корректировать курс судна.
4. Закрепить понимание влияния дрейфа на безопасность судовождения.

Теоретические основы.

Ключевые понятия:

1. Угол дрейфа (β) - отклонение ДП судна от линии пути из-за внешних сил:
 - Положительный ($\beta > 0$) - дрейф на правый борт
 - Отрицательный ($\beta < 0$) - дрейф на левый борт
2. Путевая скорость ($V_{п}$) - скорость судна относительно грунта.
3. Векторный треугольник:
 - V_0 - вектор скорости судна относительно воды (курс судна ИК, скорость V_0)
 - V_T - вектор течения (направление K_T , скорость V_T)
 - $V_{п}$ - результирующий вектор (путевой угол ПУ β , скорость $V_{п}$)

Векторное уравнение:

Формулы для расчета:

1. Компоненты путевой скорости:

text

$$V_{пх} = V_0 \cdot \sin(\text{ИК}) + V_T \cdot \sin(K_T)$$

$$V_{пу} = V_0 \cdot \cos(\text{ИК}) + V_T \cdot \cos(K_T)$$

2. Путевая скорость:

$$V_{п} = \sqrt{(V_{пх}^2 + V_{пу}^2)}$$

3. Путьевой угол (ПУ):

$$\text{ПУ}\beta = \arctan 2(V_{\text{пх}}, V_{\text{пу}}) \text{ (с приведением к } 0\text{-}360^\circ\text{)}$$

4. Угол сноса:

$$\beta = \text{ПУ} - \text{ИК}$$

Пример решения задачи

Задача:

Судно следует курсом ИК = 60° со скоростью $V_0 = 12$ узлов. Течение действует под углом $K_t = 120^\circ$ со скоростью $V_t = 3$ узла. Определить угол сноса и путьевую скорость.

Решение:

1. Расчет компонент:

$$\begin{aligned} \circ \quad V_{\text{пх}} &= 12 \cdot \sin(60^\circ) + 3 \cdot \sin(120^\circ) = 12 \cdot 0.8660 + 3 \cdot 0.8660 = 10.392 + 2.598 = \\ &13.0 \end{aligned}$$

$$\circ \quad V_{\text{пу}} = 12 \cdot \cos(60^\circ) + 3 \cdot \cos(120^\circ) = 12 \cdot 0.5 + 3 \cdot (-0.5) = 6.0 - 1.5 = 4.5$$

2. Путьевая скорость:

$$V_{\text{п}} = \sqrt{(13.0^2 + 4.5^2)} = \sqrt{(169 + 20.25)} = \sqrt{189.25} \approx 13.75 \text{ узлов}$$

3. Путьевой угол:

$$\text{ПУ } \beta = \arctan 2(13.0, 4.5) \approx 71.0^\circ$$

4. Угол дрейфа:

$$\beta = 71.0^\circ - 60^\circ = 11.0^\circ \text{ (снос на правый борт)}$$

Ответ:

$$\beta = +11.0^\circ, \text{ Путьевая скорость: } 13.75 \text{ узлов.}$$

Задачи для практического занятия:

Задача 1:

ИК = 0°, $V_0 = 10$ узлов, $K_t = 90^\circ$, $V_t = 2$ узла.

Найти ПУ β , β и $V_{\text{п}}$.

Задача 2:

ИК = 45°, $V_0 = 15$ узлов, $K_t = 180^\circ$, $V_t = 3$ узла.

Найти ПУ β , β и $V_{\text{п}}$.

Задача 3:

ИК = 90°, $V_0 = 8$ узлов, $K_t = 270^\circ$, $V_t = 1.5$ узла.

Найти ПУ β , β и $V_{\text{п}}$.

Задача 4:

ИК = 120° , $V_o = 20$ узлов, $K_T = 60^\circ$, $V_T = 4$ узла.

Найти ПУ β , β и V_p .

Задача 5:

ИК = 180° , $V_o = 12$ узлов, $K_T = 150^\circ$, $V_T = 3$ узла.

Найти ПУ β , β и V_p .

Задача 6:

ИК = 300° , $V_o = 18$ узлов, $K_T = 240^\circ$, $V_T = 5$ узлов.

Найти ПУ β , β и V_p .

Вопросы для самопроверки

1. Как угол дрейфа влияет на безопасность плавания?
2. Почему при расчете ПУ используют \arctan^2 ?
3. В каком случае $V_p < V_o$?
4. Как определить направление дрейфа по знаку β ?
5. Почему при боковом течении $V_p > V_o$?

Методические рекомендации

1. Порядок решения:
 - Перевести углы в десятичные градусы
 - Рассчитать компоненты V_{px} и V_{py}
 - Вычислить модуль V_p
 - Определить ПУ β через \arctan^2
 - Рассчитать $\beta = \text{ПУ} - \text{ИК}$
 - Указать знак β ($>/<0$)
2. Точность расчетов:
 - Углы: до 0.1°
 - Скорость: до 0.1 узла

Практическое занятие № 15, 16. 17. Определение суммарного воздействия ветра и течения. Определение курса при дрейфе и сносе. Обратная задача. Определение пройденного расстояния при воздействии ветра и течения

Цель занятия:

1. Освоить методику расчета суммарного сноса судна под действием ветра и течения.
2. Сформировать навыки решения прямой и обратной навигационных задач.
3. Научиться определять пройденное расстояние при комплексном воздействии внешних факторов.
4. Закрепить понимание векторных методов в судовождении.

Теоретические основы

Ключевые понятия:

1. Прямая задача:
 - Дано: ИК, V_0 , параметры ветра (α), параметры течения (K_t , V_t)
 - Найти: ПУс, V_p
2. Обратная задача:
 - Дано: ПУс, V_p , параметры ветра, параметры течения
 - Найти: ИК, V_0
3. Пройденное расстояние:

$$S = V_p \cdot \Delta t / 60$$

Формулы для прямой задачи:

1. Вектор сноса от ветра:

$$V_{пуах} = V_0 \cdot \sin(\text{ИК} + \alpha)$$

$$V_{пуау} = V_0 \cdot \cos(\text{ИК} + \alpha)$$

2. Суммарный вектор:

$$V_{пх} = V_{пуах} + V_t \cdot \sin K_t$$

$$V_{пу} = V_{пуау} + V_t \cdot \cos K_t$$

3. Результат:

$$V_p = \sqrt{(V_{гх}^2 + V_{гу}^2)}$$

$$\text{ПУс} = \arctan2(V_{пх}, V_{пу})$$

Пример решения прямой задачи

Задача:

Судно следует ИК = 50° со скоростью $V_0 = 12$ узлов. Угол дрейфа от ветра $\alpha = +8^\circ$.
Течение: $K_t = 120^\circ$, $V_t = 3$ узла. Найти ПУс и V_p .

Решение:

1. Вектор движения с учетом дрейфа:

- ПУ α $50^\circ + 8^\circ = 58^\circ$
 - $V_{пу\alpha x} = 12 \cdot \sin(58^\circ) = 12 \cdot 0.8480 = 10.176$
 - $V_{пу\alpha y} = 12 \cdot \cos(58^\circ) = 12 \cdot 0.5299 = 6.359$
 - 2. Добавляем течение:
 - $V_{пх} = 10.176 + 3 \cdot \sin(120^\circ) = 10.176 + 3 \cdot 0.8660 = 10.176 + 2.598 = 12.774$
 - $V_{пу} = 6.359 + 3 \cdot \cos(120^\circ) = 6.359 + 3 \cdot (-0.5) = 6.359 - 1.5 = 4.859$
 - 3. Путевая скорость и угол:
 - $V_{п} = \sqrt{(12.774^2 + 4.859^2)} = \sqrt{(163.22 + 23.61)} = \sqrt{186.83} \approx 13.67$ узлов
 - ПУ ϵ $= \arctan 2(12.774, 4.859) \approx 69.1^\circ$
- Ответ: ПУ ϵ = 69.1° , $V_{п}$ = 13.67 узлов.

Пример решения обратной задачи

Задача:

Требуется двигаться по ПУ ϵ = 80° со скоростью $V_{п}$ = 15 узлов. Течение: K_t = 150° , V_t = 2 узла. Ветер вызывает дрейф α = -5° . Найти ИК и V_o .

Решение:

1. Коррекция на ветер:

$$ПУ = ПУ - \alpha = 80^\circ - (-5^\circ) = 85^\circ$$

2. Векторное уравнение:

- $V_{пх} = 15 \cdot \sin(85^\circ) = 15 \cdot 0.9848 = 14.772$
- $V_{пу} = 15 \cdot \cos(85^\circ) = 15 \cdot 0.1736 = 2.604$
- $V_{ох} = 2 \cdot \sin(150^\circ) = 2 \cdot 0.5 = 1.0$
- $V_{оу} = 2 \cdot \cos(150^\circ) = 2 \cdot (-0.8660) = -1.732$

3. Вектор V_o :

- $V_{пу\alpha x} = 14.772 - 1.0 = 13.772$
- $V_{пу\alpha y} = 2.604 - (-1.732) = 4.336$
- $V_o = \sqrt{(13.772^2 + 4.336^2)} = \sqrt{(189.70 + 18.80)} = \sqrt{208.50} \approx 14.44$ узлов
- Направление: $\arctan 2(13.772, 4.336) \approx 72.6^\circ$

4. Истинный курс:

$$ИК = 72.6^\circ - \alpha = 72.6^\circ - (-5^\circ) = 77.6^\circ$$

Ответ:

$$ИК = 77.6^\circ, V_o = 14.44 \text{ узлов.}$$

Пример расчета пройденного расстояния

Задача:

Судно двигалось 3 часа с ПУс = 60° , $V_o = 12$ узлов. Течение: $K_T = 30^\circ$, $V_T = 2$ узла.Ветер: $\alpha = +6^\circ$. Найти расстояние относительно грунта и воды.

Решение:

1. Расстояние относительно грунта:

$$S_o = V_o \cdot \Delta t / 60 = 12 \cdot 180 / 60 = 36 \text{ миль}$$

2. Расстояние относительно воды:

- Определяем V_p из векторного уравнения
- Решение аналогично обратной задаче
- $V_p \approx 11.2$ узлов (примерное значение)

$$S_p = 11.2 \cdot 180 / 60 = 33.6 \text{ миль}$$

Задачи для практического занятия:

Прямая задача:

Задача 1:

ИК = 30° , $V_o = 10$ узлов, $\alpha = +7^\circ$, $K_T = 90^\circ$, $V_T = 1.5$ узла.Найти ПУс и V_p .

Задача 2:

ИК = 120° , $V_o = 15$ узлов, $\alpha = -4^\circ$, $K_T = 180^\circ$, $V_T = 2$ узла.Найти ПУс и V_p .

Обратная задача:

Задача 3:

ПУс = 45° , $V_p = 12$ узлов, $\alpha = +5^\circ$, $K_T = 60^\circ$, $V_T = 3$ узла.Найти ИК и V_o .

Задача 4:

ПУс = 270° , $V_p = 18$ узлов, $\alpha = -6^\circ$, $K_T = 240^\circ$, $V_T = 4$ узла.Найти ИК и V_o .

Расчет расстояния:

Задача 5:

Судно шло 4 часа с ИК = 90° , $V_o = 8$ узлов, $\alpha = +3^\circ$, $K_T = 135^\circ$, $V_T = 1.2$ узла.Найти S_o и S_p .

Задача 6:

Судно прошло 50 миль относительно грунта за 5 часов. ПУс = 180° , $\alpha = -8^\circ$, $K_T = 200^\circ$, $V_T = 2.5$ узла.

Найти V_p , V_o и ИК.

Вопросы для самопроверки

1. Чем прямая задача отличается от обратной в навигации?
2. Почему при расчете V_w в обратной задаче учитывают α_w дважды?
3. Как течение влияет на пройденное расстояние?
4. В каком случае $S_g = S_w$?
5. Почему вектор V_w не совпадает с направлением ИК?

Методические рекомендации

1. Алгоритм решения прямой задачи:
 - Рассчитать $ПУ\alpha = ИК + \alpha$
 - Вычислить компоненты V
 - Добавить компоненты течения
 - Найти V_p и $ПУс$
2. Алгоритм решения обратной задачи:
 - Корректировать $ПУс$ на $\alpha \rightarrow ПУ$
 - Решить векторное уравнение скорости
 - Определить ИК
3. Точность расчетов:
 - Углы: 0.1°
 - Скорости: 0.1 узел
 - Расстояния: 0.1 миля

Практическое занятие № 18, 19. Определение погрешностей измерения курса и дистанции. Определение СКП счислимого места судна.

Цель занятия:

1. Освоить методику расчета погрешностей измерения курса и расстояния.
2. Научиться определять среднюю квадратическую погрешность (СКП) счислимого места.
3. Сформировать навыки расчета радиуса круга вероятного положения судна.
4. Закрепить понимание влияния инструментальных погрешностей на безопасность мореплавания.

Теоретические основы

Ключевые понятия:

1. Погрешности компасов:

- Гирокомпас: систематическая погрешность $\Delta ГК$, случайная $тгк$ (обычно $0.2^\circ-0.5^\circ$)
- Магнитный компас: девиация δ , склонение d , случайная $тмк$ ($0.5^\circ-1.0^\circ$)
- Суммарная погрешность курса:

$$тгк(мк) = \sqrt{(т \text{ прибора}^2 + т \text{ стабилизации}^2)}$$

2. Погрешности лага:

- Систематическая $\Delta Л$ (% от расстояния)
- Случайная $т л$ (0.1-0.5 мили)

3. СКП счислимого места:

Радиус круга, в котором с вероятностью 63% находится судно:

$$R_{гк}(мк) = \sqrt{(S \cdot тмк(гк) \cdot \pi/180)^2 + тл^2},$$

где S - пройденное расстояние (мили), $тмк(гк)$ - СКП курса (градусы) по магнитному или гирокомпасу.

Пример решения задачи

Задача:

Судно прошло 80 миль по лагу. Курс определялся:

- Гирокомпасом ($тгк = 0.3^\circ$)
- Магнитным компасом ($тмк = 0.8^\circ$)

Погрешность лага: $тл = 0.2$ мили.

Рассчитать R для обоих случаев.

Решение:

1. Для гирокомпаса:

$$R_{гк} = \sqrt{(80 \cdot 0.3 \cdot \pi/180)^2 + 0.2^2} = \sqrt{(80 \cdot 0.005236)^2 + 0.04} = \sqrt{(0.4189^2 + 0.04)} = \sqrt{(0.1754 + 0.04)} = \sqrt{0.2154} \approx 0.464 \text{ мили}$$

2. Для магнитного компаса:

$$R_{мк} = \sqrt{(80 \cdot 0.8 \cdot \pi/180)^2 + 0.2^2} = \sqrt{(80 \cdot 0.01396)^2 + 0.04} = \sqrt{(1.1168^2 + 0.04)} = \sqrt{(1.246 + 0.04)} = \sqrt{1.286} \approx 1.134 \text{ мили}$$

Ответ:

- С гирокомпасом: $R_{гк} = 0.46$ мили
- С магнитным компасом: $R_{мк} = 1.13$ мили

Задачи для практического занятия

Задача 1:

Судно прошло 50 миль. $m_{гк} = 0.4^\circ$, $m_{л} = 0.1$ мили.Найти R .

Задача 2:

Пройдено 120 миль. Курс по магнитному компасу ($m_{мк} = 0.7^\circ$), $m_{л} = 0.3$ мили.Рассчитать R .

Задача 3:

 $S = 100$ миль. Гирокомпас: $m_{гк} = 0.2^\circ$, лаг: $m_{л} = 0.4$ мили.Найти R .

Задача 4:

Судно двигалось 10 часов со скоростью 8 узлов. $m_{гк} = 0.5^\circ$, $m_{л} = 0.2$ узла.Определить R .

Задача 5:

Пройдено 60 миль. Магнитный компас: $m_{мк} = 1.0^\circ$, $m_{л} = 0.15$ мили.Вычислить R .

Задача 6:

 $S = 150$ миль. Гирокомпас: $m_{гк} = 0.3^\circ$, $m_{л} = 0.25$ мили.Найти R .**Вопросы для самопроверки**

1. Почему СКП для магнитного компаса больше, чем для гирокомпаса?
2. Как пройденное расстояние влияет на R ?
3. Почему в формуле используется $m_{гк}$ в радианах?
4. Какая погрешность доминирует на малых расстояниях?
5. Как уменьшить радиус круга СКП?

Методические рекомендации

1. Порядок расчета:
 - Определить S (при необходимости: $S = V \cdot \Delta t / 60$)
 - Перевести $m_{гк}(мк)$ в радианы: $m_{гк(рад)} = m_{гк(мк)} \cdot \pi / 180$
 - Вычислить линейную погрешность курса: $m_{гк(мк)} = S \cdot m_{гк(рад)}$
 - Рассчитать $R = \sqrt{(m_{гк}^2 + m_{л}^2)}$
2. Точность:

- R округлять до 0.01 мили
- Углы переводить с точностью до 0.001 рад

Практическое занятие № 20, 21 Определение погрешностей пеленга и расстояния до ориентира. Определение СКП наблюдений.

Цель занятия:

1. Освоить методику расчета погрешностей пеленгования и измерения расстояний.
2. Научиться определять среднюю квадратическую погрешность (СКП) обсервованного места.
3. Сформировать навыки оценки точности навигационных измерений.
4. Закрепить понимание влияния инструментальных погрешностей на безопасность мореплавания.

Теоретические основы

Ключевые понятия:

1. Погрешности пеленгования:
 - Гирокомпас: систематическая $\Delta ГК$, случайная $тгк$ (0.5° - 1.0°)
 - Магнитный компас: $тмк = \sqrt{(тдев^2 + тскл^2)}$ (1.0° - 2.0°)
 - Погрешность визирования: $твиз$ (0.5° - 1.0°)
 - Суммарная СКП пеленга:

$$тп = \sqrt{(тгк(мк))^2 + твиз^2}$$

2. Погрешности измерения расстояния:
 - Радиолокатор: $Мрл = 0.01 \cdot D + 0.05$ мили (D в милях)
 - Секстан (по вертикальному углу): $тдист = 0.001 \cdot D^2/h$ (h - высота

объекта)

3. СКП обсервованного места:

- Для пеленга:

$$Мп = D \cdot тпрад, \text{ где } тпрад = тп \cdot \pi/180$$

- Для дистанции:

$$Мд = тдист$$

- Для двух пеленгов:

$$Мо = \sqrt{(Мп^2 + Мп^2) / \sin \gamma},$$

где γ - угол пересечения пеленгов

Пример решения задачи

Задача:

Судно измерило пеленг на маяк: ГКП = 40° (тгк = 0.7°, твиз = 0.5°), дистанцию Dp=5миль (трл = 0.02 мили).

Определить СКП обсервованного места.

Решение:

1. СКП пеленга:

$$m_p = \sqrt{(0.7^2 + 0.5^2)} = \sqrt{(0.49 + 0.25)} = \sqrt{0.74} \approx 0.86^\circ$$

$$m_{\text{град}} = 0.86 \cdot \pi/180 \approx 0.015 \text{ рад}$$

$$M_p = 5 \cdot 0.015 = 0.075 \text{ мили}$$

2. СКП дистанции:

$$M_d = 0.02 \text{ мили}$$

3. Общая СКП места:

$$M_o = \sqrt{(M_p^2 + M_d^2)} = \sqrt{(0.075^2 + 0.02^2)} = \sqrt{(0.005625 + 0.0004)} \approx \sqrt{0.006025} \approx 0.078$$

мили

Ответ:

СКП обсервованного места: Mo=0.08 мили.

Задачи для практического занятия

Задача 1:

Пеленг: ГКП = 30° (тгк = 0.5°, твиз = 0.5°), Dp = 4 мили (трл = 0.03 мили).

Найти Mo.

Задача 2:

Пеленг: КП = 120° (тмк = 1.2°, твиз = 0.8°), Dp = 10 миль (трл = 0.05 мили).

Найти Mo.

Задача 3:

Два пеленга: ИП₁ = 20° (мп = 1.0°), ИП₂ = 80° (мп = 1.0°), Dp₁ = 6 миль, Dp₂ = 6 миль, γ = 60°.

Найти Mo.

Задача 4:

Пеленг: ГКП = 60° (тгк = 0.4°, твиз = 0.6°), Dp = 3 мили (трл = 0.01 мили).

Найти Mo.

Задача 5:

Два пеленга: $ИП_1 = 45^\circ$ ($мп = 0.8^\circ$), $ИП_2 = 135^\circ$ ($мп = 0.8^\circ$), $Dr_1 = 8$ миль, $Dr_2 = 8$ миль, $\gamma = 90^\circ$.

Найти Mo .

Задача 6:

Дистанция: $D = 2$ мили (h маяка = 50 м, тугла = $0.5'$).

Найти $Mд$.

Вопросы для самопроверки:

1. Почему погрешность пеленга увеличивается с ростом дистанции?
2. Как угол γ влияет на точность обсервации по двум пеленгам?
3. Почему для радиолокатора $\sigma_{рл}$ зависит от дистанции?
4. Как определить знак погрешности пеленга?
5. Почему при работе с секстаном погрешность растёт с квадратом дистанции?

Методические рекомендации

1. Порядок расчета:
 - Для пеленга: вычислить $мп \rightarrow мпрад \rightarrow Mп = D \cdot мпрад$
 - Для дистанции: определить $мдист$ по прибору
 - Для комбинированного метода: $M = \sqrt{(Mп^2 + Mд^2)}$
 - Для двух пеленгов: $M = \sqrt{(M_1^2 + M_2^2)} / \sin \gamma$
2. Точность расчетов:
 - Углы: до 0.1°
 - СКП: до 0.01 мили

Используемые источники литературы

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
Основные	<p>1. Васьков, А. С. Математические основы судовождения: учебное пособие / А. С. Васьков, А. А. Мироненко. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 170 с.</p> <p>2. А.П.Домбинский. Практикум по дисциплине "Математические основы судовождения". Владивосток. ДВГМА. 2006. 54 с.</p> <p>3. Гагарский, Д. А. Мореходная астрономия: учебное пособие / Д. А. Гагарский. - Москва; Берлин: ДИРЕКТ-МЕДИА, 2021. - 209 с.</p> <p>4. Данилов, Ю. А. Навигация и лоция [Электронный ресурс] : метод. указания по курсовому проектированию для курсантов и студентов специальности 26.05.05 "Судовождение" / Ю. А. Данилов, С. И. Благодуров, Г. Н. Гаврильченко. - Калининград : БГАРФ, 2016</p> <p>5. Ермаков , С. В. Промахи в навигационных измерениях [Электронный ресурс] : учеб. пособие для курсантов и студентов специальности 26.05.05 "Судовождение" / С. В. Ермаков . - Калининград : БГАРФ, 2015</p> <p>6. Дмитриев, В. И. Навигация и лоция, навигационная гидрометеорология, электронная картография [Текст : Электронный ресурс] : рекомендовано отраслевым мин-вом / учебник для сред. проф. учеб. заведений. - Электрон. текстовые дан. - М. : Моркнига, 2016. - 312 с. : ил. + 1 эл. опт. диск.</p> <p>7. Ермаков , С. В. Технические средства судовождения. Курсоуказатели и лаги [Электронный ресурс] : сборник задач для самостоятельной работы курсантов и студентов специальности "Судовождение" всех форм обучения / С. В. Ермаков . - Калининград : БГАРФ, 2017</p> <p>8. Бондарев , Виталий Александрович. Спутниковый компас "Фарватер". Теоретические основы построения, устройство и принципы работы [Электронный ресурс] : учебное пособие для курсантов и студентов специальности 26.05.05 "Судовождение" старших курсов всех форм обучения / В. А. Бондарев , С. В. Ермаков. - Калининград : БГАРФ, 2016</p> <p>9. Кириллов , Н. О. Современные средства и методы мореходной астрономии [Электронный ресурс] : учебное пособие для курсантов специальности "Судовождение" / Н. О. Кириллов . - Калининград : БГАРФ, 2017</p> <p>10.</p> <p>11. Ермаков , С. В. Промахи в навигационных измерениях [Электронный ресурс] : учеб. пособие для курсантов и студентов специальности 26.05.05 "Судовождение" / С. В. Ермаков . - Калининград : БГАРФ, 2015</p> <p>12. Мореходные таблицы МТ-2000. СПб, УНиО, № 9011. 2002.</p> <p>13. Вентцель Е.С. Овчаров. Теория вероятностей и её инженерные приложения. М.: Наука, 1988.</p>

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
Дополнительные, в т.ч. курс лекций по учебной дисциплине, методические пособия и рекомендации для выполнения практических занятий и самостоятельных работ	Положение о федеральном агентстве по рыболовству (Росрыболовство).
	Концепция развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 года
	Устав службы на судах рыбопромыслового флота Российской Федерации.
	Ющенко А.П. Способ наименьших квадратов. М.: Морской транспорт. 1956.
	Кондрашихин В.Т. Теория ошибок и её применение к задачам судовождения. М.: Транспорт, 1969. 256 с.
	Кодекс по подготовке и дипломированию моряков и несении вахты (Кодекс ПДНВ -78) в редакции от 25.06.2010 г.
	Дмитриев В.И. Справочник капитана / В.И. Дмитриев, В.Л. Григорян, С.В. Козик, В.А. Никитин, Л.С. Рассукованый, Г.Г. Фадеев, Ю.В. Цитрик. Под общей редакцией В.И. Дмитриева – СПб.: Элмор, 2009. – 816 с.
	Груздев Н.М. Оценка точности морского судовождения. М.: Транспорт, 1989. 191 с.
	Техническое обслуживание судового радио и электронavigационного оборудования, и персональных компьютеров [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. Л. Смирнов [и др.] ; Морской УТЦ ГМА им. адм. С.О. Макарова. - Санкт-Петербург : ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2012
	Оловянников А.Л., Рубинштейн Д.Н. Аналитический расчет координат места судна при избыточном числе измерений.
Руководство по навигационному оборудованию [Электронный ресурс] = Navguide : практическое пособие по навигации МАМС. - 6-е изд. - Сен-Жермен-ан-Ле-Франция : НАВИТЕЛ, 2012	
Специалист - Судоводитель [Электронный ресурс] : вопросы по ПДНВ + учебная литература. - М. : Моркнига, 2012. - 1 эл. опт. Диск	
Электронные образовательные ресурсы	ЭБС «Book.ru», https://www.book.ru ЭБС «ЮРАЙТ» https://www.biblio-online.ru ЭБС «Академия», https://www.academia-moscow.ru Издательство «Лань», https://e.lanbook.com Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://www.biblioclub.ru
Периодические издания	Журнал «Морские вести России»; Журнал «Морской Флот»; Журнал «Эксплуатация морского транспорта»; Журнал «Мир транспорта»; Журнал «Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства».