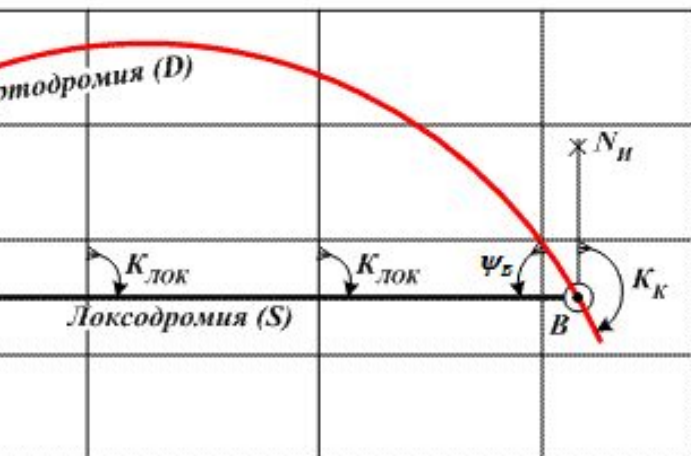


# 6. ПЛАВАНИЕ ПО ДУГЕ БОЛЬШОГО КРУГА - ОРТОДРОМИИ

## Локсодромия и ортодромия. Элементы дуги большого круга



### Локсодромия и ортодромия на полярной карте

Перевод с греческого «бег».

Ортодромии:



• для эллипсоида:

• для шара:

### 26.1.1. Локсодромия и ее элементы

**Локсодромия** – линия постоянного курса. На морской карте

в проекции Меркатора

– прямая линия, пересекающая меридианы под одним и тем же углом

$K_{ЛОК} = const$  (рис. 26.1).

На сфере:

- при  $K_{ЛОК} = 0^\circ (180^\circ)$  она совпадает с меридианом

- при  $K_{ЛОК} = 90^\circ (270^\circ)$  она совпадает с параллелью

при  $K_{ЛОК} = 90^\circ (270^\circ)$  и  $\varphi = 0^\circ$  - она совпадает с экватором

- при  $K_{ЛОК} \neq 0^\circ (180^\circ)$  и  $K_{ЛОК} \neq 90^\circ (270^\circ)$  - она представляет собой логарифмическую спираль, стремящуюся к ближайшему полюсу, обращенную выпуклостью к экватору (рис. 26.2).

$$\lambda_2 - \lambda_1 = tgK \cdot \left[ \ln tg \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_2}{2} \right) \times \left[ \frac{1 - e \cdot \sin \varphi_2}{1 + e \cdot \sin \varphi_2} \right]^{e/2} - \ln tg \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_1}{2} \right) \times \left[ \frac{1 - e \cdot \sin \varphi_1}{1 + e \cdot \sin \varphi_1} \right]^{e/2} \right]$$

$$\lambda_2 - \lambda_1 = tgK \cdot \left[ \ln tg \left( 45^\circ + \frac{\varphi_2}{2} \right) - \ln tg \left( 45^\circ + \frac{\varphi_1}{2} \right) \right]$$

## \* 26.1.2. Ортодромия и ее элементы

**- дуга большого круга (ДБК)**

расстояние между двумя точками на поверхности сферы - кривая, которая является кратчайшим путем (на МНК в проекции Меркатора) от одной точки до ближайшему полюсу. На картах в гномонической проекции ортодромия является прямой линией.

при  $0^\circ$  ( $180^\circ$ ) - локсодромия и ортодромия «сливаются» в одну линию, совпадающую с географическим меридианом.

при  $90^\circ$  ( $270^\circ$ ) при  $\varphi = 0^\circ$  - ортодромия «сливается» в одну линию, совпадающую с земным экватором.

Для экономии топлива судна на большие расстояния экономно плыть по ортодромии, так как это - кратчайшее расстояние между заданными точками.

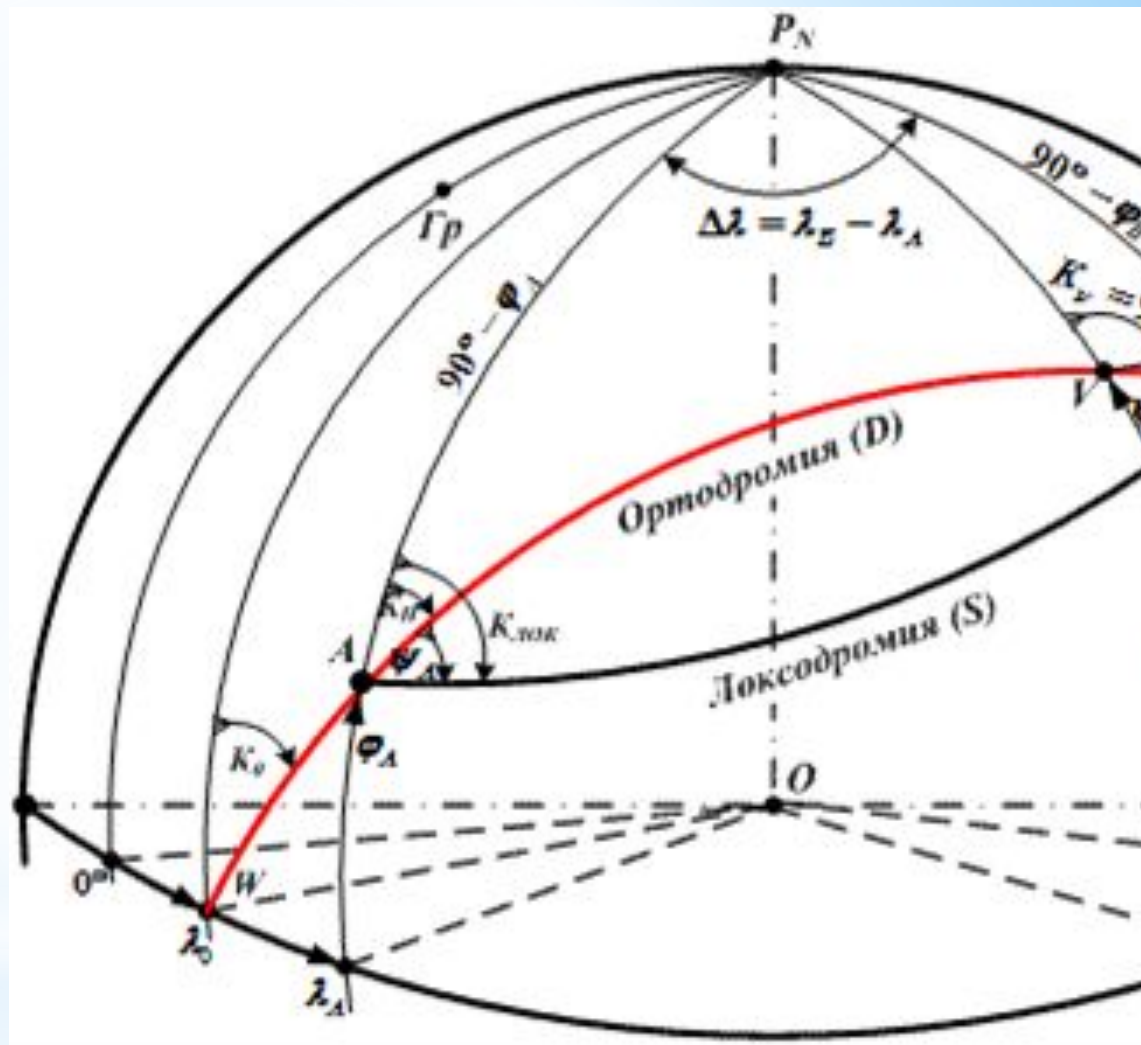
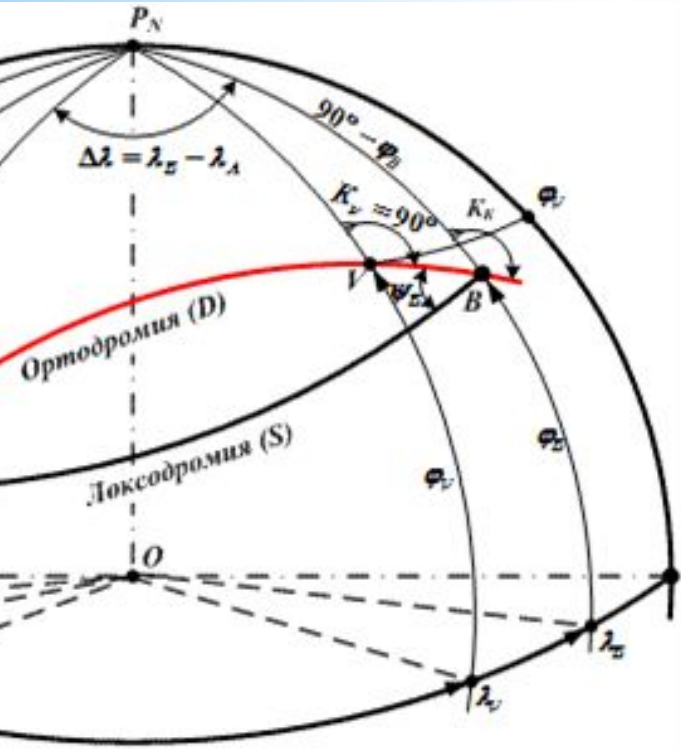


Рис. 26.3. Элементы дуги большого круга - ортодромии

\* **Элементы дуги большого круга - ортодромии**



1. **Исходная (начальная) точка ортодромии** → т.  $A (\varphi_A \lambda_A)$
2. **Начальный курс** плавания по ортодромии →  $K_H$  – горизонтальный угол между северной частью истинного меридиана в т.  $A$  и касательной к ортодромии в этой точке, совпадающей с носовой частью продольной оси судна. Отсчитывается от  $N_{И}$  по часовой стрелке от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .
3. **Конечная точка ортодромии** → т.  $B (\varphi_B \lambda_B$  или  $\varphi_2 \lambda_2)$ .
4. **Конечный курс** плавания по ортодромии →  $K_K$  – горизонтальный угол между северной частью истинного меридиана в т.  $B$  и касательной к ортодромии в этой точке, совпадающей с носовой частью продольной оси судна. Отсчитывается от  $N_{И}$  по часовой стрелке от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

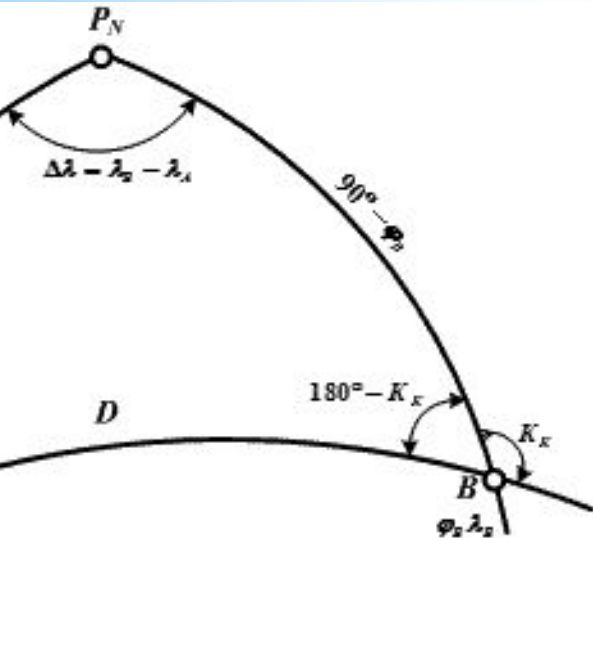
Вспомогательный угол между северной частью истинного меридиана в т.  $W$  и касательной к ортодромии в этой точке, совпадающей с носовой частью продольной оси судна. Отсчитывается от  $N_{И}$  по часовой стрелке от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

**Точка ортодромии** → точка ортодромии, имеющая наибольшее значение широты ( $\varphi_V$ ). Это точка «перегиба» ортодромии. В точке  $K_V = 90^\circ$  – при плавании судна в восточном направлении; или  $K_V = 270^\circ$  – если судно совершает плавание в западном направлении.

Координаты точки пересечения ортодромии и земного экватора ( $\varphi_0 = 0^\circ, \lambda_0$ ).

## \* 26.2. Основные формулы ортодромии. Способы ее задания

### \* 26.2.1. Основные формулы ортодромии



Треугольник  $AP_NB$  – сферический треугольник, элементами которого являются

- Стороны треугольника  $AP_NB$ :

- $AP_N \rightarrow (90^\circ - \varphi_A)$ ;
- $P_NB \rightarrow (90^\circ - \varphi_B)$ ;
- $AB \rightarrow D$  (длина ортодромии)

- Углы треугольника  $AP_NB$ :

- $\sphericalangle P_NAB \rightarrow K_H$  (начальный курс плавания по ДБК);
- $\sphericalangle P_NBA \rightarrow 180^\circ - K_K$  (конечный курс плавания по ДБК);
- $\sphericalangle AP_NB \rightarrow \Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A$  (разность долгот между конечной  $B$  и начальной  $A$ )

#### Треугольник ортодромии

С помощью тригонометрии известно «...если в сферическом треугольнике известны три элемента тригонометрии, можно определить и все остальные...».

С помощью формулы «косинуса стороны» («...косинус стороны равен произведению косинусов двух других косинусов тех же сторон на косинус угла между ними...») можно определить длину ортодромии ( $D$ ) и (т.  $A$  и т.  $B$ ), координаты которых известны, то есть:

$$\cos D = \cos(90^\circ - \varphi_A) \cdot \cos(90^\circ - \varphi_B) + \sin(90^\circ - \varphi_A) \cdot \sin(90^\circ - \varphi_B) \cdot \cos(\lambda_B - \lambda_A)$$



\* или, после преобразования:

$$\cos D = \sin \varphi_A \cdot \sin \varphi_B + \cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_B \cdot \cos(\lambda_B - \lambda_A) \quad (26.3)$$

формулу «котангенса угла» («...произведение котангенса крайнего угла на синус средней стороны минус произведение котангенса крайней стороны на синус средней стороны минус произведение косинусов начальных и конечных долгот») можно определить значение начального  $K_H$  и конечного  $K_K$  курсов плавания по ортодромии:

$$\sin \varphi_A \cdot \operatorname{tg} \varphi_B \cdot \operatorname{cosec}(\lambda_B - \lambda_A) - \sin \varphi_A \cdot \operatorname{ctg}(\lambda_B - \lambda_A) \quad (26.4)$$

$$\sin \varphi_A \cdot \cos \varphi_B \cdot \operatorname{cosec}(\lambda_B - \lambda_A) + \sin \varphi_B \cdot \operatorname{ctg}(\lambda_B - \lambda_A) \quad (26.5)$$

выделяем остальные величины:

$$\left[ \frac{\sin \lambda_1}{\sin \varphi_A} + \operatorname{tg} \varphi_A \right] \cdot \cos(\lambda_1 - \lambda_0) \quad (26.6) \quad \text{или}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \sin(\lambda_1 - \lambda_0) \cdot \operatorname{ctg} K_0$$

$$\sin(\varphi_A + \varphi_B) \cdot \operatorname{cosec}(\varphi_B - \varphi_A) \cdot \operatorname{tg} \frac{\lambda_B - \lambda_A}{2} \quad (26.8)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \cos \theta_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_v$$