

* ГЛАВА 17. АНАЛИТИЧЕСКОЕ (ПИСЬМЕННОЕ) СЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ

17.1. Сущность и основные формулы аналитического (письменного) счисления

счисление - вычисление географических координат судна по его курсу и плаванию (по разностям широт и долгот) по формулам вручную или с помощью счетно-решающих устройств.

счисление производится по формулам и применяется при плавании судна вдали от берегов, когда ведение графического счисления становится неточным из-за больших погрешностей построения на морских навигационных картах мелкого масштаба.

Аналитическое счисление применяется:

1) **при непрерывной выработке текущих счислимых координат места судна**, вводимых в систему автоматического управления. Задача решается с помощью автоматических счетно-решающих устройств (или ЭВМ);

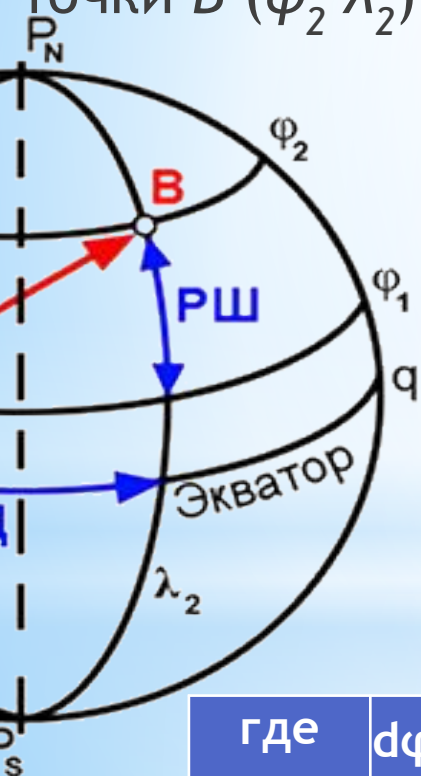
2) **при аналитическом вычислении счислимых координат места судна** в тех случаях, когда неопределимость счисления за счет неточности графических построений, связанных с проложением линий на карте. Задача решается вручную или с помощью счетно-решающих устройств. Определяются координаты места судна по разновременным измерениям.

3) **при счислении с помощью автоматических счетно-решающих устройств производится с учетом сжатия Земли**. В простейших системах решаются формулы без учета сжатия.

* Основные формулы аналитического счисления

Точки $A (\varphi_1 \lambda_1)$, следуя постоянным курсом (K) по локсодромии, пришли

известны сделанные судном разность широт ($PШ$) и разность долгот ($PД$) точки $B (\varphi_2 \lambda_2)$ легко получить из соотношений:

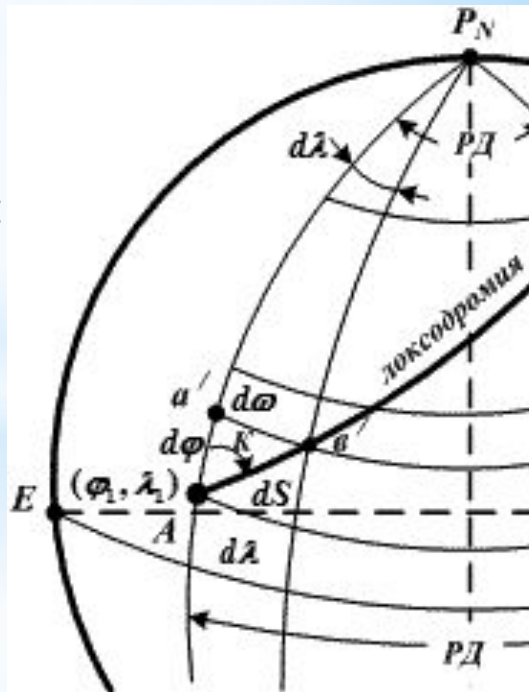


Значение разности широт ($PШ$) и разности долгот ($PД$) можно рассчитать по известным элементам движения: $K \rightarrow$ курсу судна и $S \rightarrow$ плаванию судна по этому курсу.

Считая Землю за сферу (шар) из элементарно малого треугольника $Aa'b'$:
 $Aa' = d\varphi \rightarrow$ приращение широты;
 $b'a' = d\omega \rightarrow$ приращение **отшествовия**;
 $Ab' = dS \rightarrow$ приращение расстояния,

$$\varphi_2 = \varphi_1 + PШ$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + PД$$



где $d\varphi$ - разность широт (мили);

$d\omega$ - расстояние между меридианами по параллели от т. a' до т. b' - отшествовие (мили);

* Продолжение

принять за плоский, можно написать дифференциальные уравнения

$$(17.2)$$

В результате интегрирования значений $d\varphi$ и $d\omega$ при $K = \text{const}$, получим:

$$1) \rightarrow \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi = \cos \varphi$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= S \cdot \cos K \\ \varphi_2 &= S \cdot \cos K \end{aligned} \right\} (17.3)$$

$$2) \rightarrow \int_0^{\omega} d\omega = \sin K \int_0^S dS$$

то есть

$$\omega = S \cdot \sin K$$

значения разности долгот – РД, соотношением между длиной дуги

$$d\lambda = \frac{d\omega}{\cos \varphi}$$

Умножим числитель ($d\omega$) и знаменатель ($\cos \varphi$) на $d\varphi$, тогда

$$d\lambda = \frac{d\omega}{\cos \varphi}$$

$$\frac{d\omega}{d\varphi} = \text{tg} K$$

то $d\lambda = \text{tg} K \cdot \frac{d\varphi}{\cos \varphi}$

Решение этого уравнения приводит к известному интегралу:

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{d\varphi}{\cos \varphi}$$

$$= \text{PMЧ}$$

тогда

$$\text{РД} = \text{PMЧ} \cdot \text{tg} K \quad (17.5)$$

прямой связи между отшеством (ОТШ) и разностью долгот (РД),

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{d\varphi}{\cos \varphi} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\cos \varphi}$$

нем значения интеграла, которая дает:

* Продолжение

точное значение широты в интервале между φ_1 и φ_2 .
 Эти долгот – $РД$ можно написать:

$$РД = tgK \cdot \frac{РШ}{\cos \varphi_n}$$

значения
 от ($РД$),

откуда

(17.5) и (17.6),
 ние
 й широты φ_n :

$$РМЧ \cdot tgK = tgK \cdot \frac{РШ}{\cos \varphi_n}$$

(17.7)

$$\cos \varphi_n = \frac{РШ}{РМЧ}$$

нение $\cos \varphi_n$ (формула 17.8) в формулу (17.6)
 олгот ($РД$) и учтя, что

$$ОТШ = РШ \cdot tgK,$$

получим:

$$РД = \frac{ОТШ}{\cos \varphi_n} = ОТШ \frac{РМЧ}{РШ}$$

(17.10)

($ОТШ$) и разность широт ($РШ$) в милях.

и отшествоие ($ОТШ$) представляет собой длину параллели (в милях)

анами точек A и B , широта которой (параллели) определяется соотношением

$$\varphi_n = \arccos \frac{РШ}{РМЧ}$$

(17.11)

* Продолжение

Также, при ведении аналитического учета на коротких расстояниях, допустим, что в интервале от φ_1 до φ_2 значение $\cos \varphi$ изменяется линейно, тогда

$$\frac{\Delta \varphi}{\Delta \varphi_m} = \varphi_m \quad (17.12)$$

и приближенная формула для расчета разности долгот – $PД$ примет вид:

$$PД = \frac{ОТШ}{\cos \varphi_m}$$

Разность долгот ($PД$) равна отшествию ($ОТШ$), деленному на косинус средней широты (φ_m).
(17.3) и (17.4) составлены таблица 24 «МТ-75» (с. 260÷272) и таблица 2.19 (с. 282÷294) «Разность широт и отшествие». В этих таблицах по плаванию S (через 1°) можно получить готовые значения разности широт ($PШ$) и отшествие ($ОТШ$), значения которых даны в таблице до сотых долей мили и поэтому могут быть использованы в расчетах (или в табл. 2.19) в 10 и 100 раз больших (или меньших) → переносом запятой → см. табл.

* Практические расчёты

) $S = 450$ миль, $K = 37^\circ$, РШ = 359,4 мили к N и ОТШ = 270,
) $K = 230^\circ$, $S = 1860$ миль, РШ = 1195,6' к S и ОТШ = 1424,8' к W (см. табл.

дана также специальная таблица 25а «Разность долгот» (с. 273÷278)
 формуле (17.13).

Таблица 2.20 - см. «МТ-2000» (с. 296÷301).

и отшествия

или с. 293 «МТ-2000»)

| | ОТШ | РШ |
|--|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | 76,60 + (766,0) | 64,28 + (642,8) |
| | 65,88 (658,8) | 55,28 (552,8) |
| | Σ ОТШ = 142,48 = (1424,8') | Σ РШ = 119,56 = (1195,6') |
| | 230° | |

Входные аргументы:

- 1) ОТШ = 1, 2, 3
- 2) $\varphi_m = 0 \div 86^\circ$ через 0

значений разности долгот (РД) для десятков или сотен миль значений отшествия
 с помощью переносом запятой, отделяющей целую часть от дробной в найденных та

* Практические расчёты

р 1.

Найти значение разности долгот (РД), если $\varphi_1 = 60^\circ N$, $\varphi_2 = 20^\circ N$ и отстояние - ОТШ = 246' к W.

$$\varphi_{CP} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 40^\circ.$$

100 + 100 + 40 + 6.

100, 100, 40 и 6 для $\varphi_{CP} = 40^\circ$ из табл. 25а «МТ-75» (с. 273) или табл. 2.20

6) выбираем значения разности долгот (см. табл. 17.2):

Таблица 17.2.

| | РД ₁ |
|------|--------------------------|
| | 130,5' |
| | 130,5' |
| | 52,2' |
| | 7,8' |
| 246' | Σ РД = 321,0' к W |

21,0' к W.

Значения меридиональных частей ($МЧ_1$ и $МЧ_2$) выбираем из табл. 26 «МТ-75» (с. 280÷287) или табл. 2.28а «МТ-2000» (с. 314÷321) → табл. 24.5.

Пример 2.

По данным примера 1 найди разности долгот (РД), используя промежуточную широту (φ_n).

Решение:

1. → Находим значение φ_n (см. ф. 17.8).

$$\sec \varphi_n = \frac{PM \cdot \cos \varphi_1}{PI \cdot \cos \varphi_2}$$

$$\varphi_1 = 60^\circ N \dots МЧ_1$$

$$\varphi_2 = 20^\circ N \dots МЧ_2$$

* Практические расчёты

«МТ-75» (с. 288) или табл. 2.286 «МТ-2000» (с. 322) «Поправки для меридиональных частей шара» выбираем поправки для перехода к меридиональной дуге на шаре (в навигационных задачах Землю принимают за шар).

0' (для $\varphi_1 = 60^\circ$) и $\Delta MЧ_2 = +7,8'$ (для $\varphi_2 = 20^\circ$)

$$\sec \varphi_n = \frac{(4507,4' + 20,0') - (1217,3' + 7,8')}{40'(60^\circ - 20^\circ)} = \frac{3302,3}{2400,0} = 1,37596$$

$\approx 43,4^\circ$ (см. табл. 6a «МТ-75» (с. 156÷199)

2a «МТ-2000» (с. 460)

ые значения тригонометрических

бл. 24.6.

ем значение отшествия – $OTШ = 246' = 100$

ответствующие им (100, 100, 40, 6)

ности долгот – $PД$ из табл. 25a «МТ-75» или

ванием между $\varphi_n = 43^\circ$ и $\varphi_n = 43,5^\circ$

3).

| ОТШ | РД |
|---------------------|----------------------|
| 100' | 131' |
| 100' | 131' |
| 40' | 55' |
| 6' | 8' |
| $\Sigma OTШ = 246'$ | $\Sigma PД = 321,0'$ |

Сравнивая значение разности долгот ($PД_1 = 321,0'$ к W) и значение разности широт ($\Delta \varphi = 17,0'$ к W) из табл. 17.3 ($PД_2 = 338,6'$ к W) видно ($\Delta \varphi$ при больших значениях разности широт нужно пользоваться не средним значением широты (φ_{CP}), а значением промежуточной широты (φ_{PP})).