

## **2.4. ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ГОРИЗОНТА И ОРИЕНТИРОВ В МОРЕ**

---

### **2.4.1. Дальность видимости горизонта**

## 2.4.1. ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ГОРИЗОНТА

- Наблюдаемая в море линия, по которой море как бы соединяется с небосводом, называется видимым горизонтом наблюдателя.  
Если глаз наблюдателя находится на высоте  $e_M$  над уровнем моря (т. А рис. 2.13), то луч зрения идущий по касательной к земной поверхности, определяет на земной поверхности малый круг  $aa$ , радиуса  $D$ .

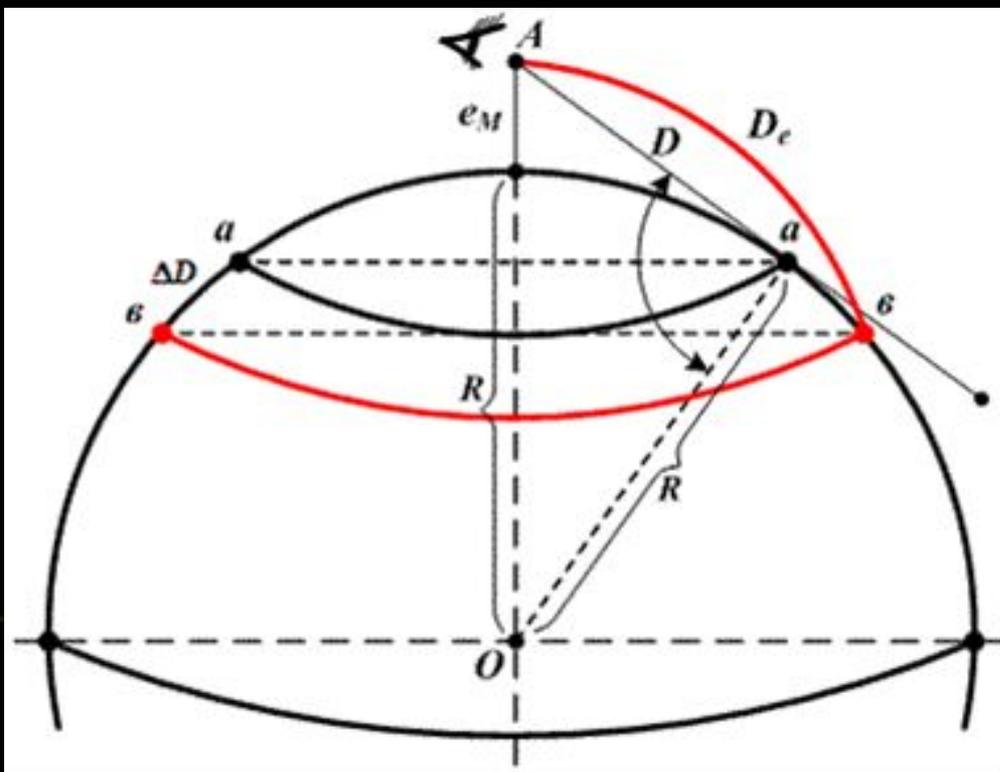
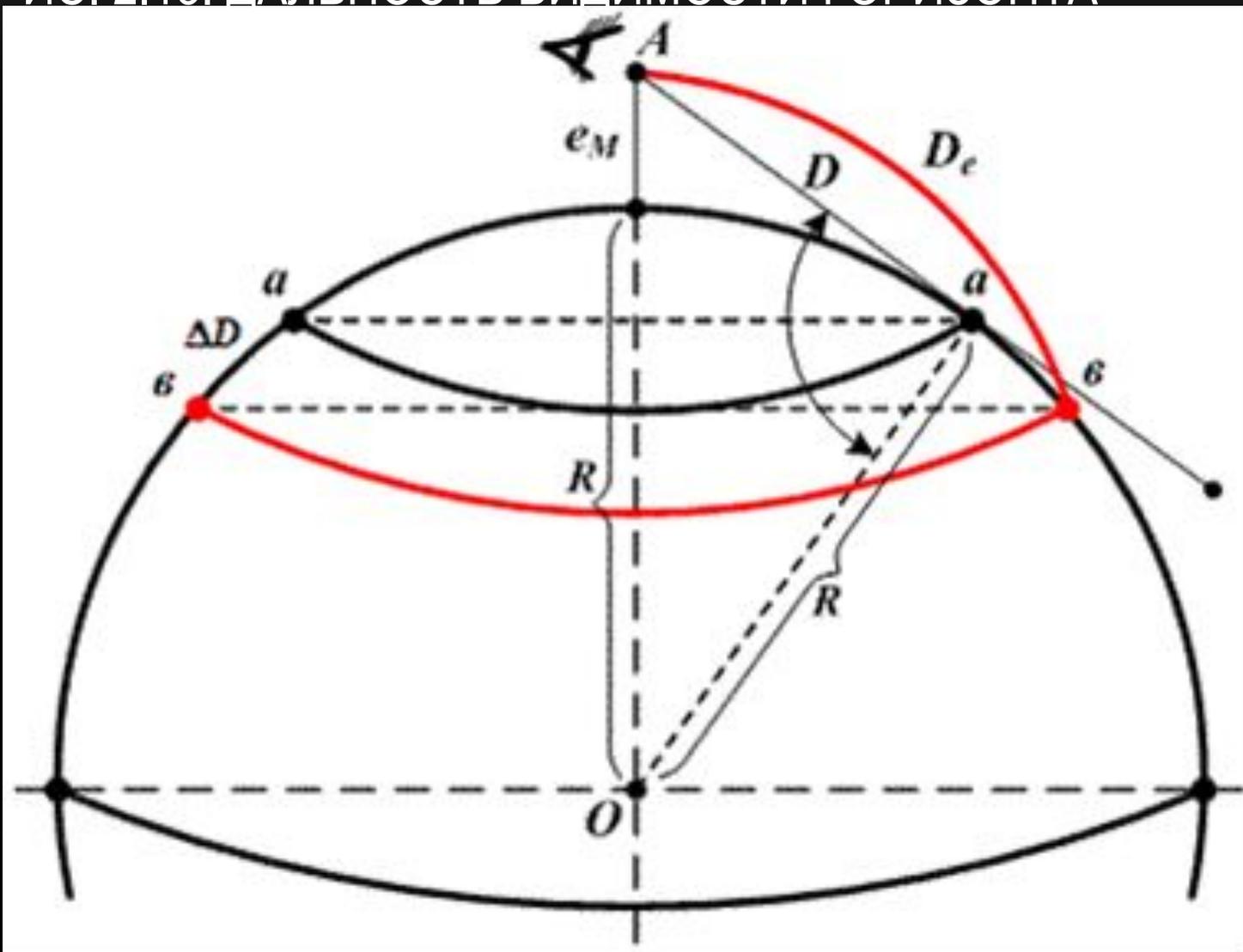


РИС. 2.13. ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ГОРИЗОНТА



# ПРОДОЛЖЕНИЕ

- Наблюдаемая в море линия, по которой море как бы соединяется с небосводом, называется видимым горизонтом наблюдателя.

Если глаз наблюдателя находится на высоте  $eM$  над уровнем моря (т. А рис. 2.13), то луч зрения идущий по касательной к земной поверхности, определяет на земной поверхности малый круг  $aa$ , радиуса  $D$ .

- 
- Это было бы верно, если бы Землю не окружала атмосфера.
- Если принять Землю за шар и исключить влияние атмосферы то, из прямоугольного треугольника  $OAa$  следует:  $OA=R+e$

$$D^2 = (e + R)^2 - R^2 = e^2 + 2e \cdot R + R^2 - R^2 = e^2 + 2e \cdot R = 2eR \left( \frac{e}{2R} + 1 \right)$$

## ПРДОЛЖЕНИЕ

- Так как величина  $\frac{e}{2R}$  случайно мала (для  $e = 50\text{ м}$  при  $R = 6371\text{ км} = 0,000004$ ), то окончательно имеем:

$$D = \sqrt{2Re} \quad (2.6)$$

- Под действием земной рефракции, в результате преломления зрительного луча в атмосфере, наблюдатель видит горизонт дальше (по кругу вв).

$$D_e = D + \Delta D = \sqrt{2Re} + \frac{x}{2}\sqrt{2Re} \quad (7)$$

- где  $x$  – коэффициент земной рефракции ( $\approx 0,16$ ).
- Если принять дальность видимого горизонта  $D_e$  в милях, а высоту глаза наблюдателя над уровнем моря ( $e_M$ ) в метрах и подставить значение радиуса Земли ( $R=3437,7$  мили =  $6371$  км), то окончательно получим формулу для расчета дальности видимого горизонта

$$D_{e(\text{мили})} = 2,08 \cdot \sqrt{e_M} \quad (8)$$

- Например: 1)  $e = 4$  м  $D_e = 4,16$  мили; 2)  $e = 9$  м
  - $D_e = 6,24$  мили;
- 3)  $e = 16$  м  $D_e = 8,32$  мили; 4)  $e = 25$  м  $D_e = 10,4$  мили.

# ПРОДОЛЖЕНИЕ

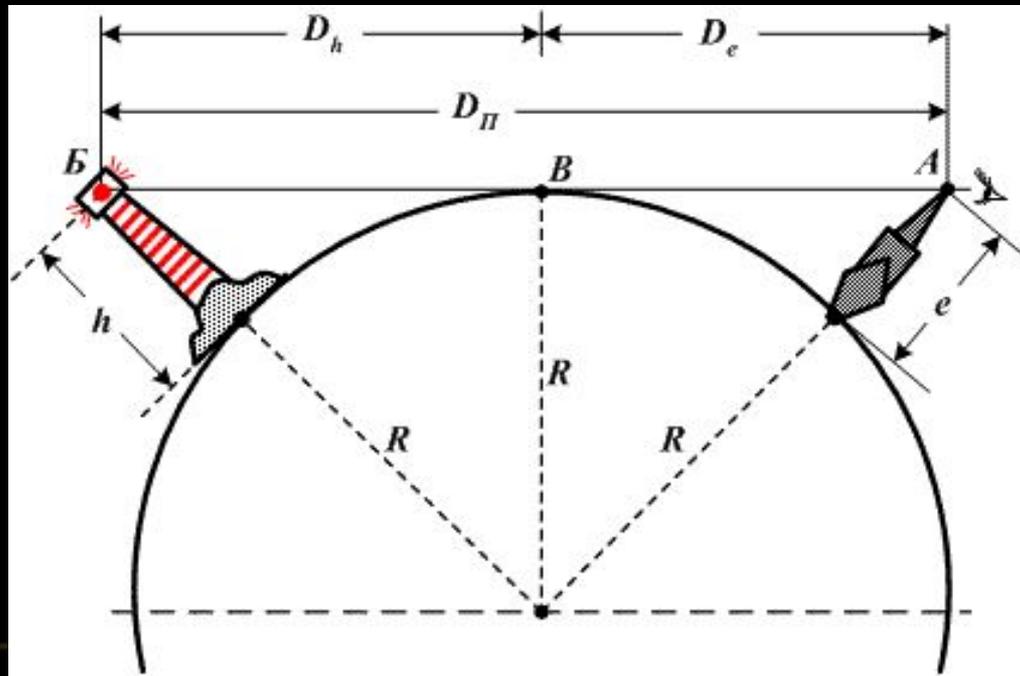
- По формуле (2.8) составлена таблица № 22 «МТ-75» (с. 248) и таблица № 2.1 «МТ-2000» (с. 255) по ( $e_M$ ) от 0,25 м ÷ 5100 м. (см. табл. 2.2)
- Географическая дальность видимого горизонта (из табл. 2.2. «МТ-75» или 2.1. «МТ-2000»)

Табл.

е, м	D <sub>в</sub> , мили	е, м	D <sub>в</sub> , мили	е, м	D <sub>в</sub> , мили	е, м	D <sub>в</sub> , мили
1,0	2,1	21,0	9,5	41,0	13,3	72,0	17,7
2,0	2,9	22,0	9,8	42,0	13,5	74,0	17,9
3,0	3,6	23,0	10,0	43,0	13,6	76,0	18,1
4,0	4,2	24,0	10,2	44,0	13,8	78,0	18,4
5,0	4,7	25,0	10,4	45,0	14,0	80,0	18,6
6,0	5,1	26,0	10,6	46,0	14,1	82,0	18,8
7,0	5,5	27,0	10,8	47,0	14,3	84,0	19,1
8,0	5,9	28,0	11,0	48,0	14,4	86,0	19,3
9,0	6,2	29,0	11,2	49,0	14,6	88,0	19,5
10,0	6,6	30,0	11,4	50,0	14,7	90,0	19,7
11,0	6,9	31,0	11,6	52,0	15,0	92,0	20,0
12,0	7,2	32,0	11,8	54,0	15,3	94,0	20,2
13,0	7,5	33,0	12,0	56,0	15,6	96,0	20,4
14,0	7,8	34,0	12,1	58,0	15,8	98,0	20,6
15,0	8,1	35,0	12,3	60,0	16,1	100,0	20,8
16,0	8,3	36,0	12,5	62,0	16,4	110,0	21,8
17,0	8,6	37,0	12,7	64,0	16,6	120,0	22,8
18,0	8,8	38,0	12,8	66,0	16,9	130,0	23,7
19,0	9,1	39,0	13,0	68,0	17,1	140,0	24,6
20,0	9,3	40,0	13,1	70,0	17,2	150,0	25,5

## 2.4.2. ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ОРИЕНТИРОВ В МОРЕ

- Если наблюдатель, высота глаза которого находится на высоте  $e_M$  над уровнем моря (т. А рис. 2.14), наблюдает линию горизонта (т. В) на расстоянии  $D_{e(миль)}$ , то, по аналогии, и с ориентира (т. Б), высота которого над уровнем моря  $h_M$ , видимый горизонт (т. В) наблюдается на расстоянии  $D_{h(миль)}$ .
- **Рис. 2.14. Дальность видимости ориентиров в море**



$$D_{\Pi} = D_e + D_h = 2,08 \cdot \sqrt{e_M} + 2,08 \cdot \sqrt{h_M} = 2,08 \cdot (\sqrt{e_M} + \sqrt{h_M}), \text{ т.е.},$$

$$D_{\Pi(миль)} = 2,08 \cdot (\sqrt{e_M} + \sqrt{h_M})$$

# ФОРМУЛА (2.9) РЕШАЕТСЯ С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЦЫ 22 «МТ-75» С. 248 ИЛИ ТАБЛИЦЫ 2.3 «МТ-2000» (С. 256).

- Например:  $e = 4$  м,  $h = 30$  м,  $DП = ?$
- Решение: для  $e = 4$  м  $\rightarrow D_e = 4,2$  мили;
- для  $h = 30$  м  $\rightarrow D_h = 11,4$  мили.
- $DП = D_e + D_h = 4,2 + 11,4 = 15,6$  мили.
- 
- Рис. 2.15. Номограмма 2.4. «МТ-2000»

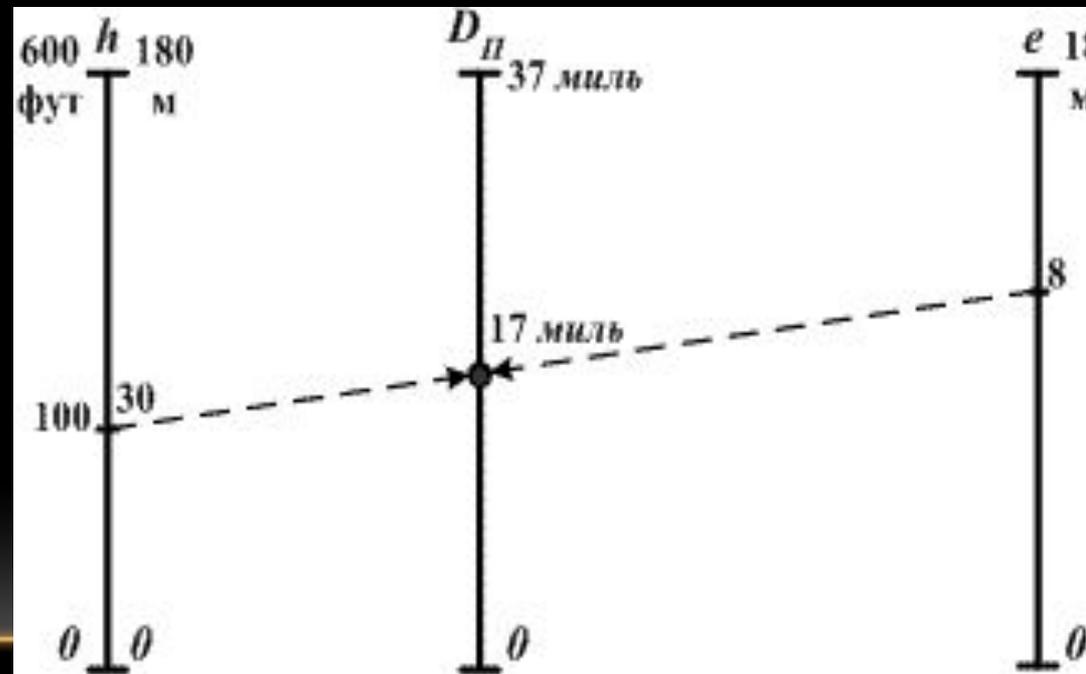


Рис. 2.15. Номограмма 2.4. «МТ-2000»

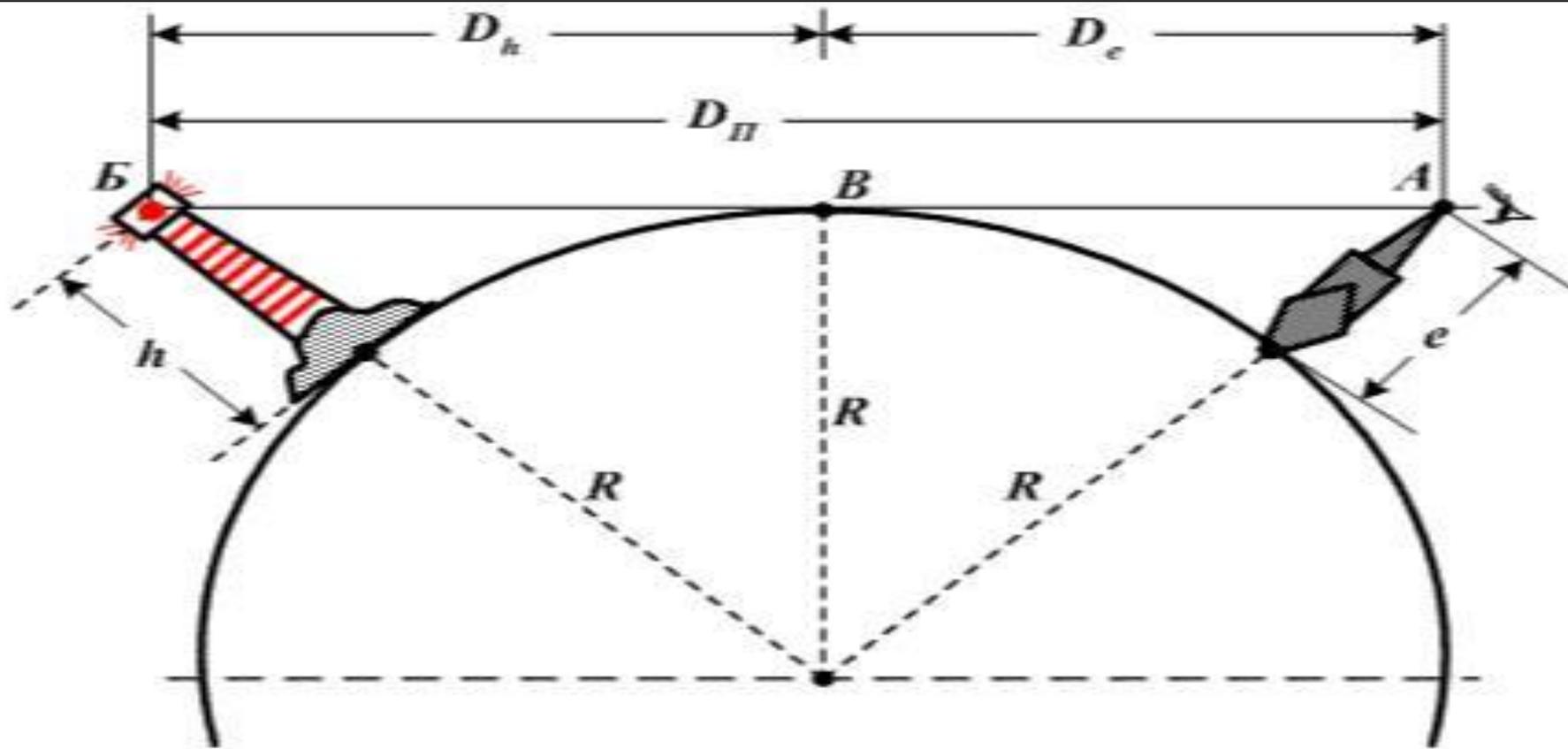
ФОРМУЛУ (2.9) МОЖНО РЕШАТЬ И С ПОМОЩЬЮ  
**ПРИЛОЖЕНИЯ 6 К «МТ-75»** ИЛИ НОМОГРАММЫ  
2.4 «МТ-2000» (С. 257) → РИС. 2.15.

**НАПРИМЕР:**  $E = 8$  М,  $H = 30$  М,  $D_{\text{п}} = ?$

**РЕШЕНИЕ:** ЗНАЧЕНИЯ  $E = 8$  М (ПРАВАЯ ШКАЛА) И  
 $H = 30$  М (ЛЕВАЯ ШКАЛА) СОЕДИНЯЕМ ПРЯМОЙ  
ЛИНИЕЙ. ТОЧКА ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЭТОЙ ЛИНИИ СО  
СРЕДНЕЙ ШКАЛОЙ ( $D_{\text{п}}$ ) И ДАСТ НАМ ИСКОМУЮ  
ВЕЛИЧИНУ **17,3 МИЛЬ**. (СМ. ТАБЛ. 2.3).

# ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ПРЕДМЕТОВ (ИЗ ТАБЛ. 2.3. «МТ-2000»)

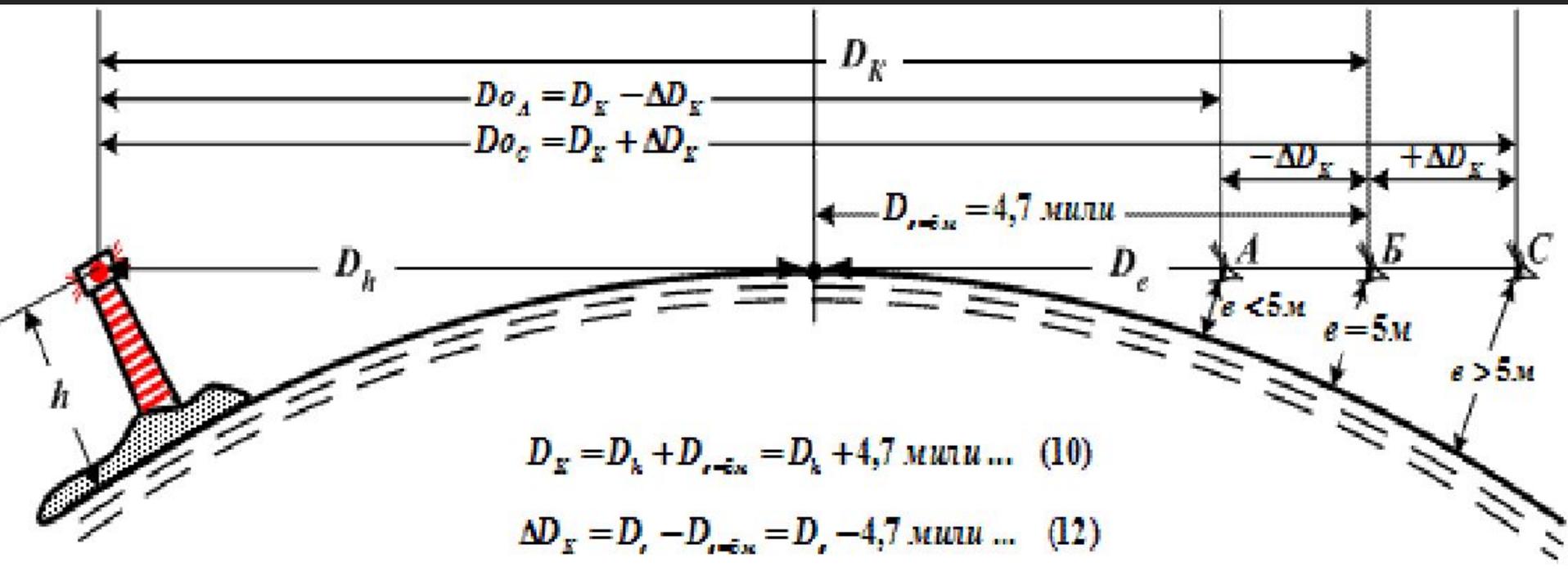
Высота предмет a h (метры)	Высота глаза наблюдателя над уровнем моря, e, (метры)														Высота предмет a h (метры)
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	МИЛИ														
2	5,9	6,5	7,1	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	2
3	6,5	7,2	7,8	8,3	8,7	9,1	9,5	9,8	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,7	3
4	7,1	7,8	8,3	8,8	9,3	9,7	10,0	10,4	10,7	11,1	11,4	11,7	11,9	12,2	4
5	7,6	8,3	8,8	9,3	9,7	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	11,9	12,2	12,4	12,7	5
6	8,0	8,7	9,3	9,7	10,2	10,6	11,0	11,3	11,7	12,0	12,3	12,6	12,9	13,2	6
7	8,4	9,1	9,7	10,2	10,6	11,0	11,4	11,7	12,1	12,4	12,7	13,0	13,3	13,6	7
8	8,8	9,5	10,0	10,5	11,0	11,4	11,8	12,1	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	13,9	8
9	9,2	9,8	10,4	10,9	11,3	11,7	12,1	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	14,3	9
10	9,5	10,2	10,7	11,2	11,7	12,1	12,5	12,8	13,2	13,5	13,8	14,1	14,4	14,6	10
12	10,1	10,8	11,4	11,9	12,3	12,7	13,1	13,4	13,8	14,1	14,4	14,7	15,0	15,3	12
14	10,7	11,4	11,9	12,4	12,9	13,3	13,7	14,0	14,4	14,7	15,0	15,3	15,6	15,8	14
16	11,3	11,9	12,5	13,0	13,4	13,8	14,2	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	16
18	11,8	12,4	13,0	13,5	13,9	14,3	14,7	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	18
20	12,2	12,9	13,5	14,0	14,4	14,8	15,2	15,5	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	20
25	13,3	14,0	14,6	15,1	15,5	15,9	16,3	16,6	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	25
30	14,3	15,0	15,6	16,0	16,5	16,9	17,3	17,6	18,0	18,3	18,6	18,9	19,2	19,4	30
35	15,2	15,9	16,5	17,0	17,4	17,8	18,2	18,5	18,9	19,2	19,5	19,8	20,1	20,4	35
40	16,1	16,8	17,3	17,8	18,2	18,7	19,0	19,4	19,7	20,1	20,4	20,7	20,9	21,2	40
45	16,9	17,6	18,1	18,6	19,0	19,5	19,8	20,2	20,5	20,9	21,2	21,5	21,7	22,0	45
50	17,6	18,3	18,9	19,4	19,8	20,2	20,6	20,9	21,3	21,6	21,9	22,2	22,5	22,8	50
60	19,1	19,7	20,3	20,8	21,2	21,6	22,0	22,4	22,7	23,0	23,3	23,6	23,9	24,2	60
70	20,3	21,0	21,6	22,1	22,5	22,9	23,3	23,6	24,0	24,3	24,6	24,9	25,2	25,5	70
80	21,5	22,2	22,8	23,3	23,7	24,1	24,5	24,8	25,2	25,5	25,8	26,1	26,4	26,7	80
90	22,7	23,3	23,9	24,4	24,8	25,2	25,6	26,0	26,3	26,6	26,9	27,2	27,5	27,8	90
100	23,7	24,4	25,0	25,5	25,9	26,3	26,7	27,0	27,4	27,7	28,0	28,3	28,6	28,9	100



$$D_{II} = D_e + D_h = 2,08 \cdot \sqrt{e_M} + 2,08 \cdot \sqrt{h_M} = 2,08 \cdot (\sqrt{e_M} + \sqrt{h_M}), \text{ т.е.,}$$

$$D_{II(\text{мм})} = 2,08 \cdot (\sqrt{e_M} + \sqrt{h_M})$$

# . ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОГНЯ МАЯКА



$$D_K = D_h + D_{e=5m} = D_h + 4,7 \text{ мили}$$

Если же действительная высота глаза наблюдателя над уровнем моря отличается от 5 м, то для определения дальности видимости огня ориентира необходимо к дальности, показанной на карте (в пособии), прибавить (если  $e > 5 \text{ м}$ ), или отнять (если  $e < 5 \text{ м}$ ) поправку к дальности видимости огня ориентира ( $\Delta D_K$ ), показанной на карте за высоту глаза.

## ПРОДОЛЖЕНИЕ

- $D_o = D_K + \Delta D_K$
- $\Delta D_K = D_e - D_{e=5m} = D_e - 4,7 \text{ мили} = 2,08 \cdot \sqrt{e} - 4,7 \text{ мили}$
- **Например:**  $D_K = 20$  миль,  $e = 9$  м.  
 $\Delta D_K = 2,08 \cdot \sqrt{e} - 4,7 = 6,24 - 4,7 = 1,54$  мили  
тогда:  $D_o = D_K + \Delta D_K = 20,0 + 1,54 = 21,54$  мили
- **Ответ:**  $D_o = 21,54$  мили.

# ВЫВОДЫ

- Основными для наблюдателя являются:
  - плоскости:
    - плоскость истинного горизонта наблюдателя (пл. ИГН);
    - плоскость истинного меридиана наблюдателя (пл. ИМН);
    - плоскость первого вертикала наблюдателя;
  - линии:
    - отвесная линия (нормаль) наблюдателя,
    - линия истинного меридиана наблюдателя → полуденная линия *N-S*;
    - линия *E-W*.
- Системами счета направлений являются:
  - круговая ( $0^\circ \div 360^\circ$ );
  - полукруговая ( $0^\circ \div 180^\circ$ );
  - четвертная ( $0^\circ \div 90^\circ$ ).
- Любое направление на поверхности Земли может быть измерено углом в плоскости истинного горизонта, принимая за начало отсчета линию истинного меридиана наблюдателя.
- Истинные направления (ИК, ИП) определяются на судне относительно северной части истинного меридиана наблюдателя, а КУ (курсовой угол) – относительно носовой части продольной оси судна.
- Дальность видимого горизонта наблюдателя ( $D_e$ ) рассчитывается по формуле:

## ПРДОЛЖЕНИЕ

$$D_{e(\text{мили})} = 2,08 \cdot \sqrt{e_M}$$

Дальность видимости навигационного ориентира (днем в хорошую видимость) рассчитывается по формуле:  $D_{П(\text{мили})} = 2,08 \cdot (\sqrt{e_M} + \sqrt{h_M})$

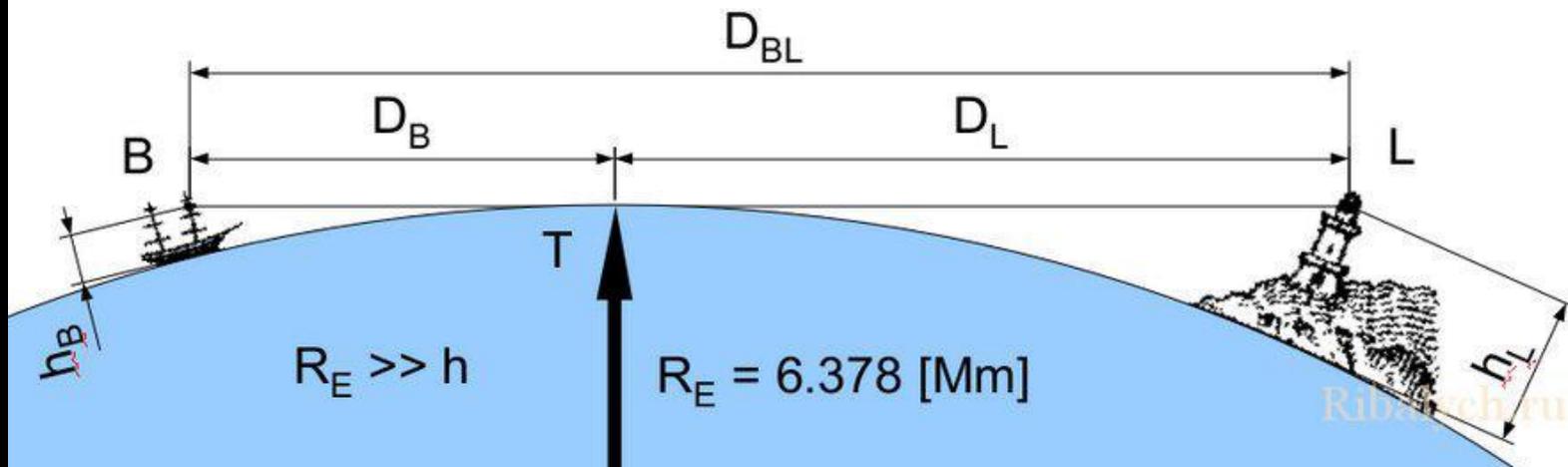
Дальность видимости огня навигационного ориентира, по его дальности ( $D_K$ ), показанной на карте, рассчитывается по формуле:  $D_O = D_K + \Delta D_K$ , где  $\Delta D_K = D_e - 4,7 \text{ мили}$ .

# ДЛЯ РАСЧЁТА ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ В КИЛОМЕТРАХ.

$$D_{BL}[Km] = D_B + D_L = \sqrt{2 \cdot R \cdot h_B + h_B^2} + \sqrt{2 \cdot R \cdot h_L + h_L^2} \sim 3.57 \cdot (\sqrt{h_B} + \sqrt{h_L})$$

$$D_L[Km] = \sqrt{2 \cdot R \cdot h_L + h_L^2} \sim \sqrt{2 \cdot 6.378 \cdot h_L} = \sqrt{12.756 \cdot h_L} = 3.57 \cdot \sqrt{h_L}$$

$$D_B[Km] = \sqrt{2 \cdot R \cdot h_B + h_B^2} \sim \sqrt{2 \cdot 6.378 \cdot h_B} = \sqrt{12.756 \cdot h_B} = 3.57 \cdot \sqrt{h_B}$$



ШПАРГАЛКА