

Как далеко видно с стратостата?

Многие интересуются вопросом, как далеко могли обозреть землю из гондолы стратостата „СССР“ его пассажиры. Выражаясь научным языком, следовало бы поставить вопрос так: как велика дальность горизонта для наблюдателя, находящегося на высоте 19 км?

Для решения задач подобного рода потребуется припомнить кое-что не только из физики, но и из геометрии и алгебры. Собственно из физики нам понадобится немного: нужно лишь знать, что в однородной среде свет распространяется по прямым линиям. Если DAC (рис. 1) изображает земную поверхность, а стратостат находится в точке B , то пилот может видеть землю только до окружности DC : в точках этой окружности луч зрения (BC) касается земной поверхности. Радиус этого круга FC , есть радиус кругозора пилота.

Так как возвышение AB стратостата над землей по сравнению с радиусом земного шара весьма мало, то длина FC мало отличается от длины

касательной BC . Взгляните теперь на рис. 2, на котором дуга DAC дополнена до полной окружности. Мы знаем из геометрии, что квадрат касательной (BC^2) равен произведению всей секущей BE на ее внешней отрезок BA :

$$\overline{BC^2} = BE \times BA. \quad (1)$$

Отдадим себе отчет в том, что представляют собою названные отрезки в применении к нашей задаче.

BC — радиус обозреваемого кругозора (расстояние от глаза наблюдателя до линии горизонта). Обозначим его через x . $BE = BA + AE =$ высоте h стратостата $+ 2R$, где R — радиус земного шара. Значит согласно формуле (1) имеем уравнение:

$$x^2 = (h + 2R) \times h = (2R + h) h.$$

Отсюда искомая дальность горизонта

$$x = \sqrt{(2R + h) h}.$$

Это и есть решение нашей задачи.

На практике пользуются однако не этой формулой, а немного упрощенной. В самом деле, что такое $2R + h$?

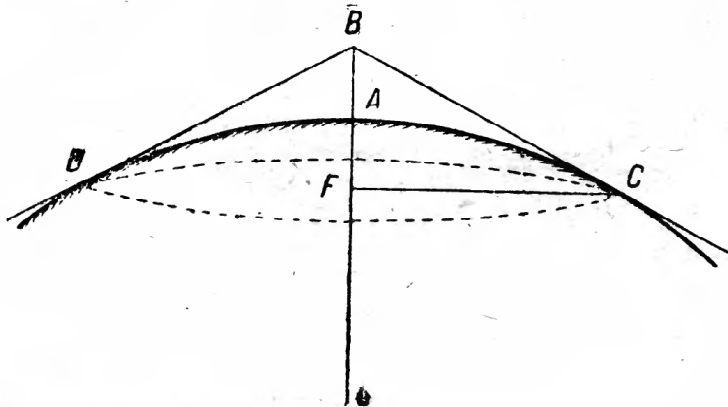


Рис. 1

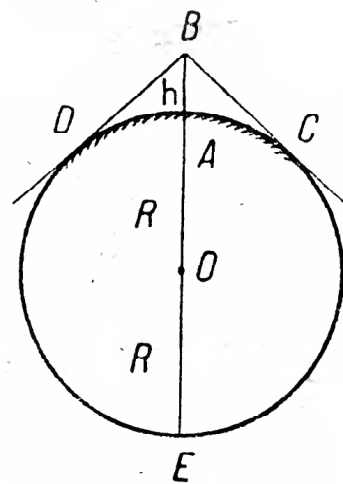


Рис. 2

Это диаметр земного шара ($2R$), сложенный с высотой подъема стратостата. Но диаметр земли равен около 13 тыс. км, высота же подъема менее 20 км. Прибавка двух десятков километров к 13 тыс. км почти не ощутительна. Возьмем ли мы поэтому $2R + h$, или просто $2R$ — дело практически не изменится. А между тем формула $x = \sqrt{(2R + h) h}$ от такой замены весьма упростится и превратится в

$$x = \sqrt{2Rh}.$$

Этой упрощенной формулой и пользуются на практике моряки и летчики: она очень удобна для употребления и дает практически совершенно неощутимую ошибку.

Задачу нашу мы решили в общем виде и можем применить теперь по-

лученное решение к любому частному случаю.

Пусть (берем для начала простейший пример) требуется узнать, как далеко видит летчик с высоты 2 км. Подставляем в нашу формулу вместо R — радиус земли, 6 400 км (округленно), а вместо h — 2 км. Имеем

$$x = \sqrt{2 \cdot 6\,400 \cdot 2} = 160 \text{ км.}$$

Мы узнаем, что с высоты 2 км летчик видит во все стороны на 160 км.

Обратимся непосредственно к нашей задаче: как далеко видно было с стратостата „СССР“, когда он достиг высшей точки своего подъема? Подставим в формулу вместо R — 6 400 км, а вместо h — 19 км, получим:

$$x = \sqrt{2 \cdot 6\,400 \cdot 19} = 80 \sqrt{38} = 493 \text{ км.}$$

Итак участники полета стратостата могли обозревать площадь в каждую сторону почти на 500 км!

Американцы на стратостате „Век прогресса“ достигли высоты в 17 700 м (17,7 км). Как велик был радиус их горизонта? Легко рассчитать:

$$x = \sqrt{2 \cdot 6\,400 \cdot 17,7} = \text{около } 480 \text{ км.}$$

Предоставляем читателю самостоятельно рассчитать, как велика дальность горизонта в следующих случаях.

1. Для моряка, находящегося на мачте на высоте 16 м (т. е. 0,016 км) над водой.

2. Для наблюдателя, стоящего на верхушке маяка, который возвышается на 80 м (0,08 км) над водой (т. е. определить, как далеко фонарь этого маяка освещает море).

3. Для человека, стоящего на ровной местности, если высота его глаза над почвой 1,6 м.

4. Для перископа подводной лодки, поднимающегося над спокойной поверхностью воды на 20 см.