

Вертикальные солнечные часы

Андрей Петров*

(Dated: 2 января 2013 года)

О простейших горизонтальных солнечных часах уже говорилось в одной из статей. Рассмотрим теперь простейшие вертикальные солнечные часы. Предположим, что мы находимся в Северном полушарии. Ориентируем плоскую поверхность так, чтобы она была перпендикулярна поверхности земли, а перпендикуляр к её лицевой стороне был направлен на юг. И установим гномон перпендикулярно лицевой поверхности. Тень от его верхушки в течение дня также будет описывать кривую линию, вид которой зависит от дня года и широты места установки гномона. Опять-таки по идее Аполлония Пергского она представляет собой коническое сечение. Посмотрим, какие соотношения для его параметров мы получим в этом случае.

I. Конус и его сечение

Секущей плоскостью является плоскость солнечных часов. Сам конус образован линиями, соединяющими верхушку гномона с положением Солнца в различные моменты данного дня года. Продолженные до пересечения с плоскостью солнечных часов, эти линии образуют боковую поверхность конуса. Вершина конуса — верхушка гномона, ось конуса — прямая линия, направленная параллельно оси вращения Земли. Сам гномон — перпендикуляр из вершины конуса на секущую плоскость. Однако, в отличие от простейших горизонтальных солнечных часов, секущая плоскость наклонена к оси конуса на угол, дополняющий широту места установки до прямого угла. Угол же наклона образующей к оси конуса, как и в случае простейших горизонтальных солнечных часов, дополняет склонение Солнца в данный день года до 90 градусов.

*petrovandrej78@gmail.com

II. Параметры сечения

Для установления параметров сечения можно вновь воспользоваться шарами Данделена, а можно просто подставить в формулы для простейших горизонтальных солнечных часов вместо широты — её дополнение до 90 градусов. Мы получим следующие формулы для эксцентриситета, расстояния от точки установки до вершины сечения и для большой полуоси:

$$e = \frac{\sin \varphi}{\sin \delta}, d = h \operatorname{ctg}(\varphi + \delta), a = \frac{h \sin 2\delta}{\cos 2\delta - \cos 2\varphi}$$

В случае параболы для её параметра получаем формулу:

$$p = h \operatorname{ctg} \varphi$$

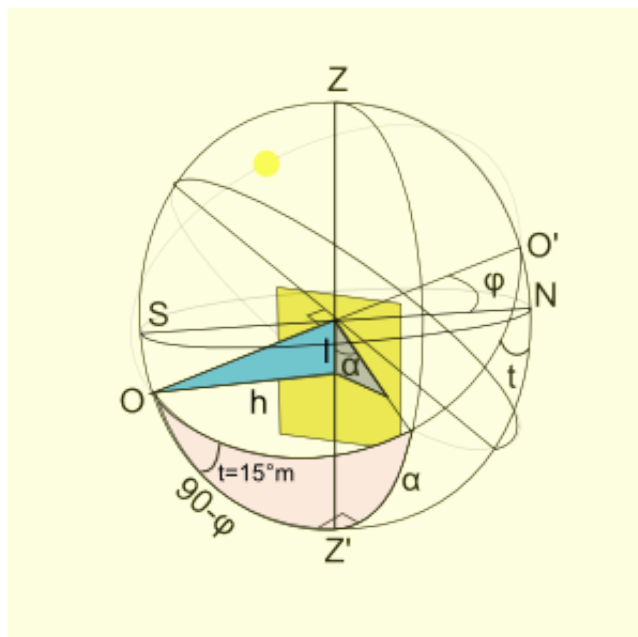
Непосредственно заметны отличия в форме линий для дня солнцестояния от случая простейших горизонтальных солнечных часов. А именно: окружность мы имеем не на полюсе, а на экваторе, параболу — не на полярном круге, а на тропике, эллипс — не за полярным кругом, а между тропиком и экватором. Наконец, гиперболу мы получаем не между экватором и полярным кругом, а между полюсом и тропиком. Однако, на широте 45 градусов мы получаем гиперболу такого же эксцентриситета и с такой же полуосью, как и в случае горизонтальных солнечных часов. Более того, на этой широте и в другие дни года будут получаться гиперболы такого же эксцентриситета и с такими же полуосями, как для тех же дней на горизонтальных солнечных часах, установленных на той же широте.

III. Часовые деления

Так же, как и у простейших горизонтальных солнечных часов (гномона-шеста, установленного вертикально на поверхности земли), у простейших вертикальных солнечных часов есть такой же недостаток — наклон тени к полуденной линии (в данном случае это вертикальная прямая) зависит от дня года. И точно так же возможны два решения: сделать отметки на линиях, которые чертит тень от верхушки гномона в данный день или модифицировать часы.

В случае второго решения модификация часов производится следующим образом: от точки установки гномона, представляющего собой первый катет, вверх вдоль полуденной линии проводится второй катет на такую длину, чтобы гипотенуза оказалась параллельной оси

вращения Земли. Затем проводятся часовые линии, которые не будут зависеть от дня года. На рисунке ниже представлены такие вертикальные солнечные часы, небесная сфера, плоскость небесного меридиана с зенитом и надиром ($ZSZ'N$), плоскость горизонта с линией север—юг (NS), линия, параллельная оси вращения земли (OO'), перпендикулярная ей плоскость небесного экватора, а также плоскость, проходящая через OO' и положение Солнца в данный момент (здесь показано положение Солнца летом после полудня).



Почти так же, как и в случае горизонтальных солнечных часов, получаем формулы для длины второго катета и угла наклона часовой линии к полуденной линии. Они в случае вертикальных солнечных часов имеют вид:

$$l = h \operatorname{tg} \varphi, \operatorname{tg} \alpha = \cos \varphi \operatorname{tg} 15^{\circ} m,$$

где m — количество часов до или после полудня. Вид линий, которые чертит верхушка такого треугольного гномона в течение каждого дня такой же, как и у гномона-шеста, установленного в точке пересечения катетов перпендикулярно плоскости часов, то есть после модификации перечерчивать их не надо. Такие модифицированные часы наиболее распространены, они обычно и называются «вертикальные солнечные часы».

1 Погорелов А.В. Геометрия. — М.:Наука, 1983