



Рис. 4

видеть, имеет размерность Вт/(м² · стер) (стер – единица телесного угла). Из этого закона видно еще, что $ds_{\theta} \cos \theta$ есть площадь проекции кольцевой площадки АВ на диаметральную плоскость (она заштрихована на рисунке 3).

Интересно сравнить угловые зависимости – индикатрисы – отражения для различных планет с теми, которые следуют из закона Ламберта. Из рисунка 4 видно, что Марс, Земля и Венера отражают солнечный свет приблизительно одинаково, но, конечно, хуже, чем матовая поверхность по Ламберту. Обратим внимание на участок индикатрисы для Венеры, выходящий за пределы ламбертовского рассеяния. Видно, что при скользких углах падения солнечного света $\approx 120^\circ$ отражение становится частично зеркальным (при этом должен появляться блик, хотя и очень слабый). А вот Луна – ночное светило – оказывается темнее других: ее среднее альbedo (отражающая способность) равно $\rho = 0,073$, т.е. Луна отражает приблизительно 1/14 долю падающего излучения с плотностью потока q .

В качестве приближенной оценки примем, что доля ρ падающего излучения отражается равномерно в телесный полуугол 2π . Тогда для яркости получим величину порядка $B = \rho q / (2\pi)$. Теперь, чтобы узнать, какая сила давит на тот же авиалайнер в полнолуние, надо найти угол, под которым его площадь видна с Луны (см. рис.2):

$$\Delta\Omega = \frac{s}{r_{\text{Л}}^2}.$$

Наибольшее значение косинуса угла α равно, конечно, единице (когда Луна стоит в зените над самолетом). Заметим, что рисунок 2 сделан не в масштабе, так что в реальности угол α может быть очень малым.

Итак, согласно закону Ламберта, сила давления лунного света на ночной лайнер будет равна

$$F_{\text{Л}} = \frac{\rho q R_{\text{Л}}^2 s}{c r_{\text{Л}}^2} = F_{\text{С}} \rho \left(\frac{R_{\text{Л}}}{r_{\text{Л}}} \right)^2.$$

Отношение геометрических величин можно выразить через значение угла, под которым радиус Луны виден с Земли:

$$\frac{R_{\text{Л}}}{r_{\text{Л}}} = \frac{D_{\text{Л}}}{2r_{\text{Л}}} = \frac{\alpha_{\text{Л}}}{2} \approx \frac{0,5^\circ}{2} \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ рад}.$$

Таким образом, искомая сила еще порядков на пять ($25 \cdot 10^{-6}$) меньше, чем сила давления Солнца в зените:

$$F_{\text{Л}} = F_{\text{С}} \rho \cdot 2,5 \cdot 10^{-5} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,073 \cdot 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \sim 10^{-8} \text{ Н}.$$

С чем бы сравнить такую малую силу? С весом самолета

$$G \sim (250 - 400) \text{ т} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = (2,5 - 4) \cdot 10^6 \text{ Н}?$$

Тогда

$$\frac{F_{\text{Л}}}{G} \sim 10^{-15}.$$

Смешно.

Давайте лучше сравним с разностью значений его веса ΔG при полете днем и в лунную ночь – ведь днем он ближе к Солнцу, но дальше от Луны, а ночью наоборот. Из рисунка 2 видно, что

$$\frac{G_{\text{день}} - G_{\text{ночь}}}{G} = \frac{\Delta G}{G} = \frac{M_{\text{Л}}}{M_{\text{З}}} \left(\left(\frac{R_{\text{З}}}{r_{\text{Л}} + R_{\text{З}}} \right)^2 + \left(\frac{R_{\text{З}}}{r_{\text{Л}} - R_{\text{З}}} \right)^2 \right) - \frac{M_{\text{С}}}{M_{\text{З}}} \left(\left(\frac{R_{\text{З}}}{r_{\text{С}} - R_{\text{З}}} \right)^2 + \left(\frac{R_{\text{З}}}{r_{\text{С}} + R_{\text{З}}} \right)^2 \right).$$

Заметим, что здесь пренебрегается высотой полета в сравнении с астрономическими масштабами, а $r_{\text{Л}}$ и $r_{\text{С}}$ – расстояния между центрами небесных тел.

Выпишем нужные данные:

$$\frac{M_{\text{Л}}}{M_{\text{З}}} = \frac{7,36 \cdot 10^{22} \text{ кг}}{6 \cdot 10^{24} \text{ кг}} = 1,2 \cdot 10^{-2}, \quad \frac{M_{\text{С}}}{M_{\text{З}}} = \frac{2 \cdot 10^{30} \text{ кг}}{6 \cdot 10^{24} \text{ кг}} = \frac{10^6}{3},$$

$$\frac{r_{\text{Л}}}{R_{\text{З}}} = \frac{384000 \text{ км}}{6,4 \cdot 10^3 \text{ км}} = 60, \quad \frac{r_{\text{С}}}{R_{\text{З}}} = \frac{150 \cdot 10^6 \text{ км}}{6,4 \cdot 10^3 \text{ км}} = 2,3 \cdot 10^4$$

и получим

$$\frac{\Delta G}{G} = 1,2 \cdot 10^{-2} \left(\left(\frac{1}{1+60} \right)^2 + \left(\frac{1}{(60-1)} \right)^2 \right) - \frac{10^6}{3} \left(\left(\frac{1}{2,3 \cdot 10^4 - 1} \right)^2 + \left(\frac{1}{2,3 \cdot 10^4 + 1} \right)^2 \right) \sim -10^{-3}.$$

Итак, даже разность значений веса самолета под Солнцем днем и под Луной ночью, связанная с гравитацией, во много больше, чем сила давления лунного света. Поэтому летайте спокойно и темной ночью, и в полнолуние. И даже днем, когда само Солнце, казалось бы, позволяет авиакомпании взять на борт на несколько пассажиров больше, чем ночью (если бы при этом не изменялась и плотность атмосферы, от которой зависят и подъемная сила, и сила сопротивления, и, следовательно, потребная мощность двигателей, и... но это отдельный разговор).