

①

ЧЕЛ-7

п.1.

По рисунку, определим зависимость поправки к фазовому углу от времени. Аппроксимируем зависимость как $y = ax^2$ (~~или~~ без свободных членов, как как в ~~графике~~ ~~графике~~ ~~графике~~ минимум функции расположен в точке $(0; 0)$), где y - поправка к фазовому углу ~~в~~ в градусах, x - время, прошедшее с 27 июня 2001 года в днях.

По графику найдем точки, с помощью которых можно определить коэффициент a .

2001: $(0; 0)$. 2003: $(50; 750; 50)$, 2005 $(1500; 216)$.

Запишем систему:

$$\begin{cases} 50^\circ = a \cdot 450^2 \\ 216^\circ = a \cdot 1500^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 216^\circ - 50^\circ = 450^2 \cdot a (2^2 - 1) \\ 166^\circ = 25^2 \cdot 30^2 \cdot a \cdot 3; \end{cases}$$

$$a = \frac{166^\circ}{625 \cdot 900 \cdot 3} \approx \frac{11}{125 \cdot 900} \approx \frac{88 \cdot 10^{-5}}{9} \approx 10^{-4} \frac{\text{град}}{\text{дн}^2}$$

Оценим, насколько ~~мал~~ согласуется значение a с данными на рисунке. Возьмем $x = 500$ дней, тогда $y = a \cdot x^2 = 10^{-4} \cdot 250000 = 25^\circ$ - это довольно близко к значению y на графике. При $x = 1000$ дней, $y = 100^\circ$, что тоже совпадает со значением на графике.

Теперь найдем зависимость фазового угла от времени при равномерном вращении. Известно, что фазовый угол - это угол между направлением на наблюдателя и направ-

③

ЧЕЛ-7

Мы нашли зависимость фазового угла от времени для равномерного вращения. Теперь, чтобы найти ~~нужно~~ зависимость фазового угла от времени для неравномерного движения добавим поправку.

Получаем:

$$\varphi'(N) = \arctg \left(\frac{\sin \left(360^\circ \cdot \frac{N}{365} \cdot \frac{a_A^{3/2} - 1}{a_A^{3/2}} \right)}{a_A - \cos \left(360^\circ \cdot \frac{N}{365} \cdot \frac{a_A^{3/2} - 1}{a_A^{3/2}} \right)} \right) + 10^{-4} N^2$$

Причина такой зависимости может крыться в изменении физических параметров диаметра, ~~массы~~ ~~плотности~~ ~~и~~ ~~маленького~~ ~~растущего~~ ~~процессе~~ ~~нестационарности~~.

№2.

Для начала определим, сколько длится восход Земли над аппаратом. Чтобы определить, как высоко поднимается диск Земли над горизонтом на последней фотографии, воспользуемся циркулем, чтобы заскринить невидимую часть диска Земли. По построению видно, что на последней фотографии нижняя невидимая часть диска Земли касается горизонта. Из этого можно сделать вывод, что за время съемки всех 6-ти снимков диск Земли поднялся над горизонтом на величину своей видимой диаметра d_θ .

$$d_\theta \approx \frac{R_\oplus}{D} = \frac{4R_A}{D} = 4 \alpha_A = 4 \cdot 0,5^\circ = 2^\circ \quad R_\oplus, R_A - \text{диаметры Земли и Луны}$$

D - расстояние от Земли до Луны.
 Соответственно, аппарат пролетел 2° своей орбиты. Тогда $\omega = \frac{d_\theta}{t}$; где t - время, в течение

которого астероид ~~диск~~ Земли восточнее над горизонтом. $t = 8.5 = 40$ сек.

$$\omega = \frac{2^\circ}{40} = 0,05^\circ/\text{сек} = \frac{0,05}{57} \text{ рад/сек.}$$

ЧЕЛ-7

(4)

Поскольку $\omega = \frac{v}{R_{\text{орб.}}} = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\text{орб.}}^3}}$, то

$$R_{\text{орб.}} = \sqrt[3]{\frac{GM_{\oplus}}{\omega^2}} = \sqrt[3]{\frac{6M_{\oplus}}{81 \cdot \omega^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{81 \cdot \frac{0,05^2}{57^2}}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2,22 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^{13} \cdot 19^2}{3^4 \cdot 5^2 \cdot 10^{-4}}}$$
$$= \sqrt[3]{4,44 \cdot 10^{17} \cdot \left(\frac{19}{5}\right)^2} \approx \sqrt[3]{4,44 \cdot 4 \cdot 10^{17}} = \sqrt[3]{7 \cdot 10^{18}} = 1,9 \cdot 10^6 \text{ м} = 1900 \text{ км.}$$

$$R_{\text{н.а.}} \approx r_{\text{н}} = \frac{1}{4} r_{\oplus} = \frac{6400 \text{ км}}{4} = 1600 \text{ км. Тогда}$$

$$h = R_{\text{орб.}} - r_{\text{н}} = 1900 - 1600 = 300 \text{ км.}$$

Ответ: $h = 300$ км.

н 1 (продолжение)

Тренировкой неравномерного вращения может послужить разное альbedo разных частей поверхности астероида. Если одна часть поверхности имеет большее альbedo, чем другая, то световое давление от Солнца будет придавать ей большую кинетическую энергию вращения, из-за этого астероид может начать вращаться с ускорением. — ~~важно~~ При этом важно, чтобы астероид не был сферически симметричен, иначе кинетическое световое давление будет одинаково ускорять и замедлять его каждый период обращения вокруг оси. Если же он будет несимметричен, то возможна ситуация, когда при вращении часть астероида с более высоким альbedo будет

⑤

ЦЕЛ-7

~~направ~~ освещаться с восходящей стороны, но с западной будет прикрываться дугами, более темной частью. Из-за этого будет возникать ускорение вращения. В природе такая ситуация возможна, когда часть с более высоким альбедо будет являться, например, металлом, а с более низким — минеральным материалом астероида, т.е. каменной породой.