

скорости позволяют определить необходимые массы оболочки на предшествующих остановкам этапах движения, а также массы тех ее частей, которые необходимо сбросить, чтобы возобновилось радиальное движение на очередном этапе.

Возможен вывод на орбиту в качестве дополнительного полезного груза частей оболочки в виде дискретных ее фрагментов. На фрагментах можно поднимать негабаритные полезные грузы – пассажирские модули, научное и промышленное оборудование, строительные конструкции и т. д.

После вывода ротора с дополнительным грузом в виде частей оболочки в положение промежуточной орбиты, где радиальная скорость и ускорение одновременно обращаются в нуль, следует выравнивать их окружные скорости. Рассматриваемая система представляет собой вращающийся ротор и почти неподвижные фрагменты оболочки, удерживаемые на роторе остатками тягово-левитационной системы (ТЛС) и способные работать автономно. Угловая скорость ротора превышает расчетную для достигнутой орбиты, что необходимо для поддержания инертных грузов.

Включив ТЛС в режим торможения ротора и ускорения движения фрагментов оболочки, можно добиться выравнивания их окружных скоростей. При этом вследствие изменения скорости вся система переходит на новую, постоянную работу. Выравниванием скорости можно управлять движением системы к постоянной орбите, что важно в случае, если на этой орбите находится другой ротор, а подводимый служит для доставки грузов.

Таким образом, диссипация энергии радиального движения ротора при подъеме оболочки позволяет избежать проблем фрикционного торможения, поднимать на орбиту дополнительные полезные грузы, в том числе негабаритные, и, наконец, управлять процессом подхода системы к заданной орбите.

2.1. Управление движением элемента ротора – оболочки в атмосфере с учетом вращения оболочки

Движение ротора и вакуумной оболочки рассматривается по отношению к инерциальной системе отсчета $OXYZ$ с началом в центре Земли; ось OZ – ось вращения Земли, ротора и оболочки, оси OX и OY расположены в плоскости экватора.

На этапе движения в атмосфере в качестве модели ротора принимаем тонкое сплошное однородное кольцо, имеющее возможность расширяться вследствие упругого растяжения. В начальный момент ротор имеет радиус $r_{p0} = R$, где R – экваториальный радиус Земли, и абсолютную

скорость $\omega_0 = V_0$, где V_0 – стартовая окружная скорость, определяемая из условия выхода на заданную орбиту. Полагаем, что тонкая сплошная однородная оболочка (тор), охватывающая бесконтактно ротор и расширяющаяся вместе с ним вследствие упругого растяжения, не теряет при этом герметичности. Начальный радиус оболочки $r_{p0} = R$; начальная угловая скорость равна угловой скорости ω суточного вращения Земли; начальная радиальная скорость ротора и оболочки $V_{r0} = 0$; движение системы происходит в плоскости экватора. На всех этапах подъема учитываются силы, удерживающие ротор по осевой линии подъема, и не учитываются, ввиду малости, касательные составляющие.

При движении в открытом космосе ротор и оболочка поэтапно разделяются на фрагменты; при этом фрагменты ротора, имея телескопические соединения и расширяясь свободно или под действием сил трения, не теряют формы кольца. Фрагменты оболочки полностью отделяются друг от друга, кроме, возможно, начального этапа, и затем поэтапно сбрасываются на Землю.

Решим задачу синтеза аperiодического движения системы «ротор – оболочка» в плотных слоях атмосферы и в открытом космосе с выходом на заданную промежуточную орбиту при условиях: вакуумная оболочка сбрасывается после выхода из атмосферы по частям; некоторые части доставляются на орбиту; в моменты сброса частей оболочки радиальная скорость системы равна нулю.

Рассмотрим движение элемента ротора с начальной длиной l и массой m_p и элемента оболочки той же длины и массой m_0 . Выделенный элемент системы имеет три степени свободы, его положение определяют три обобщенные координаты: r – расстояние до центра Земли, равное радиусу ротора и оболочки; ϕ – угол поворота ротора вокруг оси OZ ; ψ – угол поворота оболочки вокруг оси OZ во вращательном движении, возникающем из-за суточного движения вместе с Землей в исходном положении.

Кинетическая энергия элемента системы в этом случае

$$K = \frac{m_p + m_0}{2} \dot{r}^2 + \frac{m_p}{2} r^2 \dot{\phi}^2 + \frac{m_0}{2} r^2 \dot{\psi}^2,$$

где $\dot{r} = \frac{dr}{dt} = V_r$ – радиальная скорость элемента; $\dot{\phi} = \frac{d\phi}{dt}$, $\dot{\psi} = \frac{d\psi}{dt}$ – угловые скорости ротора и оболочки.

Силы, действующие на элемент системы на этапе движения в атмосфере, определяются аналогично рассмотренным в главе 1. Касательной силой вязкого сопротивления, возникающей из-за различия вращательных движений оболочки и атмосферы, пренебрегаем ввиду ее малости.