

В заключение отметим следующее.

1. Действие центробежной и гравитационной сил, а также силы упругости при упругом растяжении приводят к колебательному радиальному движению ротора относительно положения орбиты. В зависимости от значения параметра β (или стартовой скорости ротора V_0) возможны случаи, когда ротор расширяется неограниченно, удаляясь на бесконечность.

2. Силы трения между фрагментами или любые другие диссипативные силы, как показано ниже, меняют картину движения ротора: колебательное движение может стать затухающим или вообще неколебательным. Критическое значение параметра $\beta_{кр}$ при этом может увеличиваться, принимая любые значения, что приводит к увеличению радиусов постоянных орбит ротора и снятию указанных выше ограничений.

3. Использование диссипации энергии радиального движения возможно лишь частично, до некоторого положения ротора $x' < x_k$. Если в этом положении радиальная скорость обращается в нуль, а затем ротор свободно расширяется без влияния диссипативных сил, то он будет совершать колебания на некотором интервале $[x', x'']$ относительно орбиты x_k . Такой ротор может быть транспортным средством для связи с концентрическими индустриальными комплексами, движущимися по орбитам x' и x'' .

4. Описанные выше варианты, когда при радиальном движении ротор удаляется на бесконечность, можно использовать для транспортирования полезных грузов (сырья, энергии, готовой продукции и т. д.) с Луны, Марса и других небесных объектов со слабой атмосферой или вовсе без нее. После старта с поверхности таких объектов фрагменты ротора полностью отделяются друг от друга и с некоторыми вращательной и радиальной скоростями движутся по развертывающимся спиралям. Сообщая фрагментам дополнительные импульсы, например, с помощью реактивных двигателей или солнечных парусов, можно обеспечить движение фрагментов в направлении к космической индустриальной зоне Земли.

1.7. Уравнения движения ротора на участке фрикционного расширения

Как показано выше, для гашения колебательного радиального движения ротора при выводе на заданную орбиту необходимо использовать диссипативные силы. Ими могут быть силы сухого трения между фрагментами в телескопических соединениях; силы электромагнитного взаимодействия при преобразовании механической энергии в электрическую в режиме ее генерации в тех же соединениях; реактивные силы струй жидкости, взятой

в качестве балласта, направленного против движения ротора; различные сочетания этих сил. Для гашения колебаний можно также использовать поэтапное сбрасывание частей оболочки. Наиболее рациональный способ диссипаций энергии радиального движения должен удовлетворять всем требованиям технического и конструктивного характера.

Будем исследовать лишь два способа диссипации – путем использования фрикционных сил и подъема частей оболочки, а также некоторое их сочетание.

Как отмечено в п. 1.1, этап упругого расширения завершается разделением ротора на фрагменты; для предотвращения резкого сжатия растянутых фрагментов вводится фрикционное торможение в их телескопических соединениях. Кроме диссипации энергии упругого растяжения ротора фрикционные силы используются и для диссипации энергии радиального движения, придавая ему характер апериодического движения.

Пусть в положении $x_2 > x_1$ ротор разделяется на фрагменты. Таких разделений может быть несколько, допустим n , тогда каждое деление является частичным: разделяется только n -я часть числа соединительных узлов ротора, предназначенных к разделению его на фрагменты. Возможны и другие способы деления, например, сразу во всех соединительных узлах; мы ограничимся рассмотрением указанного способа.

Число узлов и фрагментов, размеры фрагментов и их общих частей в телескопических соединениях должны быть определены из условия возможности выхода на орбиту радиуса $r_k = x_k R$. При этом должны выполняться следующие условия.

1. Ротор не теряет целостности, т. е. фрагменты полностью не отделяются.

2. При движении по орбите фрагменты могут совершать свободные перемещения относительно друг друга, что исключает появление в них деформаций и напряжений.

После разделений ротор представляет собой систему неразделенных и раздвигающихся фрагментов, относительное перемещение которых тормозится силами трения. Силы трения могут изменяться по некоторой программе в зависимости от положения x ротора, что достигается изменением нормального давления между фрикционными элементами или коэффициента трения на разных участках.

Погашенная энергия радиального движения ротора переходит в тепловую и рассеивается затем в массе ротора и в космосе. Фрикционные элементы при этом изнашиваются, испытывая тепловые и силовые нагрузки. Поэтому представляется рациональным способ частичного и поочередного деления ротора на фрагменты: их фрикционные элементы, отслужив на некотором участке радиального движения и, возможно, потеряв