

4. В процессе разгона ротора вес его элементов уменьшается – как равнодействующая силы тяготения и центробежной силы, направленных вдоль радиуса в противоположные стороны. Соответственно должна уменьшаться сила магнитного давления на ротор, следовательно, обязательна обратная связь между линейной скоростью ротора и силой магнитного давления или между изменением зазора и магнитной силой.

5. В момент достижения первой комической скорости V_1 равнодействующая силы тяготения и центробежной силы каждого элемента ротора обращается в нуль (состояние невесомости), а затем при увеличении скорости меняет направление. Аналогично этому и сила магнитного давления должна изменить свое направление, удерживая ротор от расширения. При достижении расчетной скорости $V_0 > V_1$ эта сила имеет значение:

$$N = \frac{m_p V_0^2}{R} - m_p g = \frac{m_p}{R} (V_0^2 - V_1^2),$$

где m_p – масса элемента ротора; R – радиус экватора; g – гравитационное ускорение на экваторе; $V_1 = (gR)^{1/2}$.

6. После начала радиального движения (второй этап) система подвеса должна удерживать оболочку на расширяющемся роторе с сохранением зазора между ними без подвода энергии от внешних источников.

Известны системы магнитной левитации трех типов:

- 1) подвес с помощью постоянных магнитов;
- 2) электромагнитный подвес;
- 3) электродинамический подвес.

Возможны также различные сочетания этих трех основных типов.

Подвес с помощью постоянных магнитов использует силу отталкивания одноименных полюсов магнитов. Для этой цели на наружной поверхности ротора и внутренней поверхности оболочки устанавливаются четыре пары магнитов: две – для вертикальной левитации и две – для горизонтальной стабилизации.

Характеристики имеющихся магнитов с учетом их размеров применительно к поперечным размерам ротора и оболочки недостаточны для получения необходимых при подвесе ротора параметров, в частности, силы давления на единицу массы ротора. Этот недостаток устраняется тем обстоятельством, что на этапе движения со скоростью $V < V_1$ вся нагрузка от веса ротора передается только нижним магнитам; к силам тяжести добавляется магнитная сила давления от верхних магнитов. После достижения скорости V_1 картина меняется – основная нагрузка передается

верхним магнитам. В обоих случаях нагрузки воспринимаются вакуумной оболочкой, обеспечение прочности которой приводит к значительному увеличению ее массы. Существенные трудности создает также высокая удельная плотность материала постоянных магнитов и, следовательно, их большая относительная масса.

Использование сил притяжения разноименных полюсов вообще невозможно, так как такая система принципиально неустойчива: при увеличении зазора сила притяжения падает, а при уменьшении – растет; в том и другом случаях это может привести к нарушению бесконтактности. Чтобы предотвратить такую ситуацию, необходимо управлять силой магнитов, но для постоянных магнитов это невозможно.

Таким образом, постоянные магниты не всегда удовлетворяют требованиям, необходимым для обеспечения бесконтактного подвеса ротора внутри оболочки на всех этапах разгона и подъема в плотной атмосфере.

К выводу о нецелесообразности применения постоянных магнитов пришли и разработчики высокоскоростного наземного транспорта на магнитной подушке, т. е. при решении более простой технической задачи, с намного меньшими скоростями движения и массовыми параметрами. Но это не исключает полностью возможность применения постоянных магнитов в ОТС в будущем, так как такой подвес наименее энергозатратный.

Электромагнитный подвес основан на использовании сил притяжения электромагнитов с ферромагнетиками. Для этого ротор ОТС должен содержать элементы из ферромагнитного материала, а электромагниты должны располагаться на оболочке. Размещение электромагнитов на роторе нецелесообразно, так как при этом возникает проблема подачи к ним электроэнергии.

При перемещении ферромагнетика относительно электромагнитов в нем наводятся вихревые токи, создающие магнитный поток, созданный электромагнитами. Возникающая при этом сила может быть разложена на тормозную, направленную против направления движения ротора, и отталкивающую, направленную против левитирующей силы подвеса. С ростом скорости движения ротора влияние вихревых потоков может быть существенно, поэтому необходимы меры для компенсации указанных сил. Компенсация отталкивающей силы осуществляется системой управления путем значительного увеличения тока в обмотке электромагнитов, а тормозной силы – увеличением тягового усилия линейного двигателя.

Применению электромагнитного подвеса для левитации ротора ОТС препятствуют малая величина зазора и нестабильность подвеса. Магнитная сила возрастает с уменьшением зазора и уменьшается при его увеличении. Таким образом, система с притяжением, как уже отмечалось, нестабильна, она имеет «отрицательный» коэффициент упругости и для ее стабилизации