

УДК 629.4391

ВЛИЯНИЕ СИЛ НА ЛЕТАЮЩИЙ АППАРАТ

Мухаметбек Жанибек Арсыланбекович

zhanik1256@gmail.com

Студент 1-курса кафедры “Космическая техника и технологии”

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Ракишев Ж.Б.

Становление и развитие космической техники началось по существу совсем недавно, каких-нибудь полтора десятка лет тому назад. Могучим движущим толчком этого развития послужил запуск 4 октября 1957 г. первого в истории человечества искусственного спутника Земли. Конечно, когда проектировался полет первого и всех последующих спутников, а также межпланетных космических аппаратов, то специалисты космической баллистики, конструкторы ракеты должны были прежде всего оценить физическую и механическую стороны вопроса полета аппарата. Такая оценка включала качественный и количественный анализ всех действующих сил, определяющих движение ракеты от момента старта до свободного полета в околоземном или межпланетном пространстве. Определение состава сил, их природы, характеристик и величин, а также анализ их влияния на движение космического аппарата является одной из важных частей космической баллистики.

Итак, предположим, что космический аппарат помещен в некоторую произвольную точку межпланетного пространства, и для этого фиксированного положения перечислим совокупность всех действующих на него сил. Из дальнейшего станет также ясным, что

величины и направления действия различных по своей природе сил могут зависеть не только от положения летящего аппарата в пространстве, но и от величины его скорости полета и направления движения. Поэтому, поместив аппарат в некоторую точку пространства, мы будем одновременно полагать, что он имеет определенную скорость в известном направлении.

Из большого многообразия действующих сил прежде всего следует назвать силу притяжения [3]. Этот закон гласит: всякие две материальные точки притягиваются друг к другу с силами, прямо пропорциональными массам точек и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними [2]. Силы притяжения невидимыми нитями связывают все тела и их мельчайшие части друг с другом, образуя непрерывную сеть, которую специалисты образно называют гравитационным полем. Вот только поэтому астрономы и баллистики говорят, что движение космического аппарата всегда происходит в гравитационном поле, т. е. пространстве, в каждой точке которого действуют силы притяжения. В космических полетах основные энергетические затраты падают на преодоление сил инерции и притяжения. С трением же приходится иметь дело главным образом лишь при полете в плотных слоях атмосферы. Поэтому роль ракетных двигателей заключается в значительной мере в том, чтобы сообщить космическому кораблю определенную скорость, необходимую для преодоления силы тяжести планеты, и вывести его на орбиту или на межпланетную трассу, или на посадку. Затем (если не считать посадки и подвода к ней) космический аппарат перемещается с выключенными двигателями по инерции. Такой полет идет по законам небесной механики, в частности по закону всемирного тяготения. По мере удаления от планетного тела сила притяжения, действующая на космический корабль, быстро убывает, а с приближением к другому небесному телу — столь же быстро возрастает. Очевидно, в пространстве имеется ряд точек, где гравитационное воздействие на космический аппарат со стороны каждого из обоих тел будет одинаковым. Эти точки образуют определенную поверхность, которая является границей области преобладания притяжения одного космического тела над притяжением другого. Для системы Земля — Луна, например, точки равных притяжений находятся на расстоянии 38 321 км от Луны и 346 079 км от Земли [1]. Представим теперь полет космического корабля с Земли к какой-нибудь планете Солнечной системы. Поскольку после старта корабль должен иметь скорость, не меньшую второй космической, его движение будет происходить вначале по параболической или гиперболической орбите относительно Земли под действием в основном земного гравитационного поля. Затем характер траектории станет определяться преимущественно силой солнечного притяжения, а влияние планетных тел приведет лишь к небольшим возмущениям.

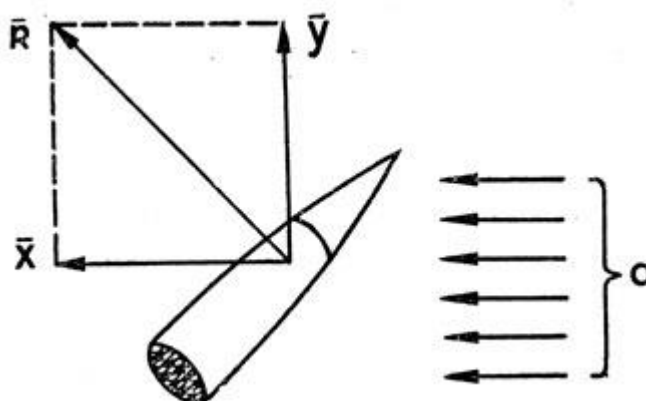


Рисунок 1 – Аэродинамические силы, действующие на космический аппарат в полете: R - полная аэродинамическая сила; Y - подъемная сила; X - сила лобового сопротивления; a - набегающий поток воздуха

На различных этапах космического полета различное значение может иметь воздействие среды, в которой происходит движение. Очень важную роль играет атмосфера, особенно когда движение происходит в ее нижних, плотных слоях. Силы, действующие со стороны атмосферы на космический аппарат, называются аэродинамическими [2]. В верхней, разреженной части атмосферы аэродинамические силы также должны приниматься во внимание, если исследуется длительное движение спутников. Однако чрезвычайно разреженная среда, заполняющая межпланетное пространство (в одном кубическом сантиметре там содержится всего лишь несколько сотен атомов), практически не оказывает никакого влияния на движение космических объектов и ни в каких расчетах не учитывается. Аэродинамические силы носят локальный, местный характер. По мере удаления от поверхности планеты они будут уменьшаться, так как уменьшается плотность атмосферы. Наконец, на некоторых достаточно больших высотах атмосфера практически исчезает и вместе с нею исчезают и аэродинамические силы. В действительности же нельзя провести какую-либо воображаемую поверхность вокруг планеты и утверждать при этом, что с одной стороны поверхности, именно внутренней ее части, атмосфера есть, а с другой, наружной, - нет. Атмосфера каждой планеты, образно говоря, "дышит". Ее высота над поверхностью, плотность непрерывно изменяются, соотносясь со временем года, с вращением планеты вокруг собственной оси, с активностью солнечной деятельности и т. д. Это одна сторона вопроса, объясняющая, почему мы не можем установить какую-либо границу атмосферы. Другая сторона заключается в том, что атмосфера не кончается так, будто за ее последними молекулами, атомами далее ничего нет [3]. Современные исследования показывают, что межпланетное пространство не является пустым в указанном смысле. Оно заполнено чрезвычайно разреженным газом, в нем непрерывным потоком с громадными скоростями летят различные заряженные частицы, образуя космические лучи, и даже дует так называемый "солнечный ветер". Солнечный ветер представляет собой поток заряженных частиц (корпускул), выбрасываемых Солнцем в космическое пространство. По сведениям американских ученых, солнечный ветер наблюдался вдоль всей траектории полета межпланетной станции "Маринер-2". Скорость его лежит в пределах от 320 до 800 км/сек. Но плотность потока является чрезвычайно малой и составляет всего 0,6-1,25 протона и электрона в 1 см³ (напомним, что в таком объеме воздуха у поверхности Земли насчитывается 2,69x10¹⁹ молекул). Ввиду малой концентрации этих частиц они не оказывают заметного воздействия на движение космического аппарата и поэтому их влиянием, как правило, пренебрегают. Решение же вопроса о том, до каких высот следует учитывать влияние атмосферы, производится каждый раз в зависимости от конкретной ситуации. Более подробно об этом будет сказано в соответствующем месте. По мере приближения к поверхности планеты плотность атмосферы возрастает, а это в свою очередь приводит к резкому увеличению тормозящего действия атмосферы [5]. При космических скоростях полета, начиная с некоторых высот, аэродинамические силы могут во много раз превысить гравитационные силы и полет космического аппарата становится в дальнейшем невозможным (он упадет на планету или превратится в обыкновенный самолет). Именно по этой причине ранее было сказано, что гравитационные силы не всегда определяют возможности полета космического аппарата.

В межпланетном пространстве важную роль может играть давление солнечного излучения, которое совершенно незаметно в повседневной жизни. Если масса космического аппарата невелика, а поверхность, на которую давят солнечные лучи, значительна, то действием этого фактора в течение длительного промежутка времени пренебрегать нельзя. Давление солнечного излучения удобно использовать для стабилизации, если космический аппарат необходимо ориентировать соответствующим образом относительно Солнца с целью терморегулирования, получения энергии или для наблюдения за Солнцем. Установив на космическом аппарате легкий руль, можно таким образом сместить центр давления относительно центра масс, что будет существовать устойчивая равновесная ориентация аппарата. Но в большинстве случаев можно пренебречь и солнечным

давлением. Остается, пожалуй, еще возможность столкновения в космосе с метеоритом. Удары мелких метеоритов на траектории космического аппарата не сказываются (они, правда, могут изменить его ориентацию в пространстве), а встреча с крупным метеоритом маловероятна; к тому же она должна привести к катастрофическим последствиям, делающим бессмысленным изучение дальнейшего движения объекта. Впрочем, удары крупных метеоритов непредсказуемы, а значит, их и невозможно учесть [5]. Влияние давления солнечного света на движение летательных аппаратов определяется "парусностью" летательного аппарата — соотношением между поверхностью аппарата и его массой. Чем меньше размеры летательного аппарата, тем, вообще говоря, "парусность" больше. По этой причине, например, давление солнечного света даже выметает из Солнечной системы мелкие метеорные частицы. Это объясняется тем, что с уменьшением размеров поверхность уменьшается пропорционально квадрату размера, а масса — пропорционально кубу его, т. е. быстрее. Световое давление становится ощутимым для небольших легких спутников с высотой полета более 500 км. Ниже большее значение имеют неустойчивые колебания плотности верхней атмосферы [3]. Естественно, что главный эффект воздействия световых возмущений наблюдается в тех местах орбиты, где солнечные лучи подгоняют или, наоборот, тормозят спутник.

Наконец, на космический аппарат в мировом пространстве действуют электрические и магнитные силы, но они в основном оказывают влияние не на движение аппарата по траектории, а на его вращение вокруг собственного центра масс (центра тяжести). Но это еще не все. Природа неисчерпаема в своем многообразии. На беду, (баллистиков она выдвинула еще одно препятствие - это магнитные поля вокруг планет. Если летящий космический аппарат будет нести какой-либо электрический заряд, то взаимодействие этого движущегося заряда с магнитным полем в соответствии с законом Лоренца вызовет еще одну силу, которую в некоторых случаях также необходимо учитывать.

Таким образом, на летящий космический аппарат действуют три следующие основные группы сил, в общем случае учитываемых при расчете траекторий его движения:

- притяжение планет,
- сопротивление атмосферы,
- давление солнечного света.

Это силы естественного происхождения и поэтому их возникновение не связано с желанием и волей человека. Человек может как-то использовать их в собственных интересах [4]. Но это уже другая сторона вопроса, относящаяся к проблемам проектирования и управления полетом.

Существует, однако, еще одна группа сил, действие которых целиком и полностью подчинено человеку. Эти силы образуются с помощью специальных ракетных двигателей, установленных на космических аппаратах. По желанию человека тяга ракетных двигателей может быть направлена в любую точку пространства и скорость полета изменена на заданную величину. Силы естественного происхождения определяют траекторию пассивного движения космического аппарата или, как иной раз говорят, полет по инерции. Основной особенностью космических путешествий является то, что большая часть их во времени и пространстве производится с неработающими двигателями [1]. Будучи один раз выведен на орбиту, спутник может с громадной скоростью пролететь многие миллионы километров, не истратив при этом ни капли горючего. В этом смысле космические путешествия являются самыми дешевыми.

Но, чтобы совершить такое путешествие, необходимо знать, где находится космический аппарат в данный момент и где он окажется в последующем. Автомобилист, едущий к морю, определяет свое местоположение по местным предметам. Выбор направления дальнейшего движения целиком находится в его руках. В каждый момент времени он оценивает и замечает видимые на дороге препятствия и соответственно этому координирует свое управление автомобилем. Для летящего космического аппарата свободно просматривающийся космос - "темный лес". В нем не видны ни "ямы", ни "горы", ни "реки",

"моря" и "озера". Но они проявляются в виде гравитационных, аэродинамических и других сил, действующих на космический аппарат и искривляющих его траекторию. Эти силы, выступающие в качестве препятствий, нельзя увидеть, но можно рассчитать теоретически и тем самым как-то предугадать их влияние на полет.

Список использованных источников

1. Байдаков Б. Аэродинамика и динамика полеты летательных аппаратов//– М.: Машиностроение, –1975 – С.306.
2. Энциклопедия по машиностроению XXL//– М.: Машиностроение, –1994 – том I-3.
3. Левантовский В. Механика космического полета в элементарном изложении//– М.: Наука, –1980 –С.267.
4. Сайт-энциклопедия www.ngpedia.ru
5. Важенин Н.А. Обухов В.А. Электрические ракетные двигатели космических аппаратов и их влияние на радиосистемы космической связи//– М.; ФИЗМАТЛИТ, –2012. – С.432.
6. Райкунова Г.Г. Фундаментальные космические исследования. Книга 1//Астрофизика /– М.: ФИЗМАТЛИТ, –2014. –С.452.
7. https://studme.org/160811/tehnika/destabiliziruyuschie_factory_kosmicheskogo_prostranstva