Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет
Факультет Технической Кибернетики

Реферат на тему:

Движение тел переменной массы. Основы теоретической космонавтики.

Студент: Перов Виталий
Группа:1085/3
Преподаватель: Козловский В.В

Санкт-Петербург
2005г.

Содержание:

Зарождение космонавтики

Моментом зарождения космонавтики можно условно назвать первый полёт ракеты, продемонстрировавший возможность преодолевать силу земного притяжения. Первая ракета открыла перед человечеством огромные возможности. Много смелых проектов было предложено. Один из них - возможность полёта человека. Однако, этим проектам было суждено воплотится в реальность только спустя многие годы. Своё практическое применение ракета нашла только в сфере развлечений. Люди не раз любовались ракетными фейерверками, и, вряд ли кто-нибудь тогда мог представить себе её грандиозное будущее.

Рождение космонавтики, как науки, произошло в 1987 году. В этом году была опубликована магистерская диссертация И.В Мещерского, содержащая фундаментальное уравнение динамики тел переменной массы. Уравнение Мещерского дало космонавтике «вторую жизнь»: теперь в распоряжении ракетостроителей появились точные формулы, которые позволяли создавать ракеты основываясь не на опыте предыдущих наблюдении, а на точных математических расчетах.

Общие уравнения для точки переменной массы и некоторые частные случаи этих уравнений уже после их опубликования И. В. Мещерским «открывались» в XX веке многими учёными западной Европы и Америки (Годар, Оберт, Эсно-Пельтри, Леви-Чивита и др.).

Случаи движения тел, когда их масса меняется можно указать в самых различных областях промышленности.

Наибольшую известность в космонавтики получило не уравнение Мещерского, а уравнение Циолковского. Оно представляет собой частный случай уравнения Мещерского.

К. Э. Циолковского можно назвать отцом космонавтики. Он был первым, кто увидел в ракете средство для покорения человеком космоса. До Циолковского на ракету смотрели как на игрушку для развлечений или как на один из видов оружия. Заслуга К. Э. Циолковского состоит в том, что он теоретически обосновал возможность покорения космоса при помощи ракет, вывел формулу скорости движения ракеты, указал на критерии выбора топлива для ракет, дал первые схематические чертежи космических кораблей, привёл первые расчеты движения ракет в поле тяготения Земли и впервые указал на целесообразность создания на орбитах вокруг Земли промежуточных станций для полётов на другие тела Солнечной системы.

Уравнение Мещерского

Уравнения движения тел с переменной массой являются следствиями законов Ньютона. Тем не менее, они представляют большой интерес, главным образом, в связи с ракетной техникой.

Принцип действия ракеты очень прост. Ракета с большой скоростью выбрасывает вещество (газы), воздействуя на него с большой силой. Выбрасываемое вещество с той же, но противоположно направленной силой, в свою очередь, действует на ракету и сообщает ей ускорение в противоположном направлении. Если нет внешних сил, то ракета вместе с выброшенным веществом является замкнутой системой. Импульс такой системы не может меняться во времени. На этом положении и основана теория движения ракет.

Основное уравнение движения тела переменной массы при любом законе изменения массы и при любой относительной скорости выбрасываемых частиц было получено В. И. Мещерским в его диссертации 1897 г. Это уравнение имеет следующий вид:

$$M\frac{dv}{dt} = U\frac{dm}{dt} + F$$

где $\frac{dV}{dt}$ – вектор ускорения ракеты, U — вектор скорости истечения газов относительно ракеты, М- масса ракеты в данный момент времени, $\frac{dm}{dt}$ — ежесекундный расход массы, F - внешняя сила.

По форме это уравнение напоминает второй закон Ньютона, однако, масса тела m здесь меняется во времени из-за потери вещества. К внешней силе F добавляется дополнительный член, который называется реактивной силой.

Уравнение Циолковского

Если внешнюю силу F принять равной нулю, то, после преобразований, получим уравнение Циолковского:

$V = u \ln (m_0/m)$

Отношение **m_0/m** называется числом Циолковского, и часто обозначается буквой z.

Скорость, рассчитанная по формуле Циолковского, носит название характеристической или идеальной скорости. Такую скорость теоретически имела бы ракета при запуске и реактивном разгоне, если бы другие тела не оказывали на неё никакого влияния.

Как видно из формулы, характеристическая скорость не зависит от времени разгона, а определяется на основе учёта только двух величин: числа Циолковского z и скорости истечения u. Для достижения больших скоростей необходимо повышать скорость истечения и увеличивать число Циолковского. Так как число z стоит под знаком логарифма, то увеличение u даёт более ощутимый результат, чем увеличение z в то же количество раз. К тому же большое число Циолковского означает, что конечной скорости достигает лишь небольшая часть первоначальной массы ракеты. Естественно, такой подход к проблеме увеличения конечной скорости не совсем рационален, ведь надо стремится выводить в космос большие массы, при помощи ракет с возможно меньшими массами. Поэтому конструкторы стремятся прежде всего к увеличению скоростей истечения продуктов сгорания из ракет.

Числовые характеристики одноступенчатой ракеты

При анализе формулы Циолковского было выяснено, что число $z=m_0/m$ является важнейшей характеристикой ракеты.

Разделим конечную массу ракеты на две составляющие: полезную массу $M_{пол}$, и массу конструкции $M_{констр}$. К полезной относят только массу контейнера, который требуется запустить с помощью ракеты для выполнения заранее запланированной работы. Масса конструкции – вся остальная масса ракеты без топлива(корпус, двигатели, пустые баки, аппаратура). Таким образом $M= M_{пол} + M_{констр}$; $M_0= M_{пол} + M_{констр} + M_{топл}$

Обычно оценивают эффективность транспортировки груза при помощи коэффициента полезной нагрузки p. $p= M_0/ M_{пол}$. Чем меньшим числом выражен этот коэффициент, тем большую часть от общей массы составляет масса полезного груза

Степень технического совершенства ракеты характеризуется конструктивной характеристикой s. $s = \frac{Мконстр - Мтопл}{Мконстр}$. Чем большим числом выражается конструктивная характеристика, тем более высокий технический уровень у ракеты-носителя.

Можно показать, что все три характеристики s, z и p связаны между собой следующими уравнениями:

$$s = z\frac{p-1}{p-z} \qquad p = z\frac{s-1}{s-z}$$

Многоступенчатые ракеты

Достижение очень больших характеристических скоростей одноступенчатой ракеты требует обеспечения больших чисел Циолковского и ещё больших по величине конструктивных характеристик (т.к всегда s>z). Так, например при скорости истечения продуктов сгорания u=5км/с для достижения характеристической скорости 20км/с требуется ракета с числом Циолковского 54,6. Создать такую ракету в настоящее время невозможно, но это не значит, что скорость 20км/с не может быть достигнута при помощи современных ракет. Такие скорости обычно достигаются при помощи одноступенчатых, т.е составных ракет.

Когда массивная первая ступень многоступенчатой ракеты исчерпывает при разгоне все запасы топлива, она отделяется. Дальнейший разгон продолжает другая, менее массивная ступень, и к ранее достигнутой скорости она добавляет ещё некоторую скорость, а затем отделяется. Третья ступень продолжает наращивание скорости, и т.д.

Согласно формуле Циолковского, первая ступень в конце разгона достигнет скорости $v' = u'\ln z'$, где $z' = \frac{M_0}{M_0 - M'_{топл}}$. Вторая ступень увеличит скорость ещё на $v'' = u''\ln z''$, где $z'' = \frac{M'_0}{M'_0 - M''_{топл}}$. Полная характеристическая скорость двухступенчатой ракеты будет равна сумме скоростей, сообщаемых каждой ступенью в отдельности:

$v = v' + v'' = u' \ln z' + u'' \ln z''$. Если скорости истечения из ступеней одинаковы, то $v = u(\ln z' + \ln z'') = u \ln Z$, где Z=$z' \cdot z''$ - число Циолковского для двухступенчатой ракеты.

Нетрудно доказать, что в случае 3-х ступенчатой ракеты число Циолковского будет равно Z=$z' \cdot z'' \cdot z'''$.

Итак, предыдущая задача достичь скорости 20км/с легко решается с помощью 3-х ступенчатой ракеты. Для неё число Циолковского будет также равно 54,6, однако, числа Циолковского для каждой ступени (при условии их равенства между собой) будут равны 3.79, что является вполне достижимым для современной техники.

Список используемой литературы:

- Основы космонавтики / А. Д. Марленский
- Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / под редакцией С. И. Вавилова.