

# Методика расчета эллиптической (круговой) траектории движения тел в поле тяготения гравитирующего объекта на основе трех сил:

притяжения, центробежной и инерции-тигунции

Тигунцев С.Г.

stiguncev@yandex.ru

## Аннотация

Показаны все силы и ускорения, действующие на тела, движущиеся по круговым или эллиптическим траекториям, предложены методика и алгоритм расчета траектории при учете силы притяжения, центробежной силы и силы инерции-тигунции.

Большую и своевременную работу по реабилитации центробежных сил и ускорений, возникающих при движении тел, проделали авторы Петроченков Ринальд Галактионович доц., к.т.н. МГУ и Петроченков Александр Ринальдович в статьях: «ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ УСКОРЕНИЯ ПАДЕНИЯ НЕЙТРОНОВ С ВЫСОКИМИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СКОРОСТЯМИ ПРИ ПРАВИЛЬНОЙ ЕГО ИНТЕРПРЕТАЦИИ ОБЕСПЕЧИТ СМЕНЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ, ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАДИГМ» ( <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9592.htm> ), «РОЛЬ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ, ГРАВИТАЦИОННЫХ И ОРБИТАЛЬНЫХ СИЛ И УСКОРЕНИЙ В ПРАВИЛЬНОМ ПОНИМАНИИ УСТРОЙСТВА И ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ И ОБЩЕЙ КАРТИНЫ МИРА.» ( <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9499.html> ) и «ОРБИТАЛЬНЫЕ И РАДИАЛЬНЫЕ СИЛЫ, КОТОРЫЕ ДВИГАЮТ МИРАМИ, РАБОТА ОРБИТАЛЬНЫХ СИЛ НА ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ОРБИТАХ И КАК СЛЕДСТВИЕ РОСТ ВЕЩЕСТВЕННЫХ МАСС И РАЗМЕРОВ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ, УМЕНЬШЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ НИМИ» ( <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9325.html> ).

В данных статьях более чем подробно описана история вопроса и показано, что «...Со времён Ньютона смысл и область применения понятий о центробежной и центростремительной силах и соответствующих им ускорений до сих пор чётко не определены. Поэтому центробежные силы используются, например, даже самим Ньютоном в расчётах фигуры Земли, определении равенства гравитационной и инертной массы и т.п. А, например, в условиях близких к земной поверхности полностью игнорируются, что является своеобразным научным парадоксом...»

В указанных статьях проблема изложена достаточно полно и лаконично, поэтому будет целесообразно привести следующую цитату про текущее состояние дел: «...В

настоящее время считается, что тела в поле тяжести Земли падают на неё в соответствие с законами классической механики по параболическим орбитам. Однако ещё Ньютон показал, что любой снаряд является как бы спутником Земли, он движется по круговым или эллиптическим орбитам вокруг центра тяжести Земли при представлении, что её масса сосредоточена в центре. Тем не менее, Ньютон не довёл эту мысль до конца, так как он не создал механику, которая объясняла бы законы движения тел при горизонтальных составляющих скоростей тел от нуля до первой космической скорости и выше в поле тяжести Земли. Ему для этого надо было бы рассмотреть влияние центробежных сил, не связанных с вращением Земли, обусловленных горизонтальными скоростями тел на параметры их движения. То есть Ньютону надо было бы показать возможность использования законов Кеплера, центробежных и гравитационных ускорений и соответствующих им сил при решении баллистических и им подобных задач (в плане задачи двух тел). В конечном итоге ему надо было бы доказать, что при малых горизонтальных скоростях тел в афелии из законов Кеплера вытекают как частный случай законы свободного падения тел по Галилею. К этому Ньютон был не готов, потому что он не признавал центробежные силы силами реальными, а также круговое инерциальное движение тел, т.е. закон космической инерции...».

Авторы предлагают свое решение, в котором переменные орбитальные и радиальные силы и ускорения, действующие на планеты, рассматриваются, как следствие совместного действия на них центральных сил гравитации (силы притяжения) и не признаваемых официальной наукой центробежных сил (силы отталкивания). Авторы считают, что орбитальные силы возникают и они перемены только в случае эллиптических орбит космических объектов, причем эти силы равны нулю в апоцентре и перигентре (для планет в афелии и перигелии) и максимальны при средних расстояниях от центра притяжения. На круговых орбитах гравитационные и центробежные силы в сумме равны нулю, орбитальные силы соответственно отсутствуют, и работы над небесными телами в данном случае не производится.

Соглашаясь в целом с необходимостью учета центробежных сил и ускорений при расчете круговых и эллиптических траекторий движения космических объектов, не могу согласиться с трактовкой ОРБИТАЛЬНЫХ сил, более того, убежден, что без учета инерциальных сил, двигающих объект по орбите проблему не решить. А это потребует пересмотра закона инерции, т.е. 1 закона Ньютона.

В моей статье «Об инерции и принципе относительности» на сайте «Новые идеи и гипотезы» от 19.06.2007г. <http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics&pn=4> и <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8838.html> от 14.01.2008г. показано, что

равномерное криволинейное (по криволинейной поверхности Земли или по круговой траектории вокруг гравитирующего объекта) движение тел (то, что принимают за движение по инерции) происходит под действием постоянно действующей силы (которой пришлось присвоить название силы тигунции, так как понятие «сила инерции» используется в физике для обозначения другого явления).

Английский физик и математик Исаак Ньютон (1643-1727) сформулировал закон абстрактной инерции (дословно): «Всякое тело остается в состоянии покоя или движется **прямолинейно** с постоянной скоростью, если на него не действует сила, изменяющая скорость тела» (первый закон Ньютона), в современной формулировке «Всякое тело сохраняет свое состояние покоя или равномерного и **прямолинейного** движения, пока неуравновешенные внешние силы (или, пока воздействия других тел) не заставят его изменить это состояние». С этого времени в **физику пришло**, на мой взгляд, предубеждение, что движение по инерции является прямолинейным, и осталось предубеждение, что такое движение **не нуждается** для своего поддержания во внешнем воздействии.

Итак, что же такое инерция? Прежде всего - это реальное физическое явление, которое каждый из нас ощущает в повседневной деятельности. Проявляется инерция в «нежелании» тела изменить свое состояние в пространстве. Если тело находится в состоянии покоя, то для перевода его в состояние движения необходимо воздействие силы, если тело находится в состоянии движения, то для перевода его в состояние покоя также необходимо приложение силы. При этом повседневно наиболее заметно проявление инерции при движении тела по горизонтальной поверхности после окончания приложения силы - например, движение автомобиля с выключенным двигателем.

Рассмотрим условия, в которых имеет место быть реальная инерция, при указанном движении тела по поверхности Земли. Что значит РЕАЛЬНАЯ? На мой взгляд, это сущность, параметры которой могут быть зарегистрированы приборами. В данном случае можно зарегистрировать перемещение тела на равные расстояния за равные промежутки времени, т.е. определяющее требование движения по инерции - это равномерность движения.

Обязательно ли для реального явления движения по инерции выполнение условия прямолинейности движения? Нет, не обязательно, - еще Г. Галилей показал, что движение по инерции происходит по криволинейной поверхности Земли.

Предположим, что для проведения экспериментов по движению тел по инерции (равномерного движения), устранили тормозящие причины - силы трения и

сопротивление среды и обеспечили прямолинейность пути для тела на участке, например 100 км. Прямолинейность обеспечиваем по лучу оптического прибора - устанавливаем прибор по уровню, проводим луч 100 км по уровню прибора (т.е. перпендикулярно радиусу в точке установки прибора), в этом случае конец 100-километрового пути отойдет от поверхности Земли на 780 метров. Не трудно понять, что при ПРЯМОЛИНЕЙНОМ пути РАВНОМЕРНОГО движения тела не получится - телу придется двигаться в гору, и силы тяжести на каком то расстоянии от начала движения остановят тело.

Каким же образом можно получить равномерность движения. Предположим, что устранили тормозящие причины и обеспечили горизонтальный в каждой точке 100 километрового участка путь, т.е. получили криволинейный путь с радиусом кривизны, равным радиусу Земли (кстати, поверхность моря представляет собой такой путь – это отметил еще Г.Галилей). Будет ли тело двигаться по этому пути равномерно? Ответ однозначный - будет! И более того, если продлим путь на 1000 км, на 10000 км, на 40000 км (вокруг Земли) - равномерное движение будет иметь место. Таким образом, для существования реального движения по ИНЕРЦИИ (равномерного движения) необходимо обеспечение криволинейности пути.

Однако тут же возникает вопрос - на участке какой длины поверхность криволинейна и при какой длине пути проявляется инерция? Что можно принять за критерий криволинейности ПУТИ? Будет ли проявляться движение по инерции на участке, например 1мм ? Ответ может быть один - на поверхности Земли движение по инерции возможно на участке любой длины, для молекулы этот путь - доля мм, для поезда - несколько км. Каким общим параметром можно характеризовать эти движения? Этот параметр - угол между радиусами Земли двух близлежащих точек на траектории пути. Т.е. однозначно можно сказать, что при равномерном движении тело в каждый последующий момент имеет отличия по углу относительно центра Земли.

Также следует отметить, что при своем равномерном движении по криволинейной поверхности Земли тело постоянно подвергается воздействию сил тяжести, причем сил тяжести одинаковых по величине, но отличающихся по углу в двух близлежащих точках. Таким образом, к требованию криволинейности пути для существования реального движения по ИНЕРЦИИ (равномерного движения) необходимо наличие сил тяжести, имеющих радиальный характер.

В связи с вышеизложенным возникает вопрос - что же представляют из себя понятия инерции, введенные в физику Галилеем и Ньютоном.

Почему инерцию Галилея характеризует криволинейность движения и отсутствие воздействия внешних сил? Т.е. возникает вопрос - учитывал ли Галилей, который

впервые ввел понятие инерции, реальные условия существования инерции, движения по инерции, а именно: равномерность движения, влияние тормозящих причин, криволинейность пути и воздействие сил тяжести, носящих радиальный характер.

Начнем с того, что Галилей проводил исследования в условиях Земли и проводил их для решения вопроса о причине движения. Логично было бы вначале ответить на вопрос, почему движущиеся тела останавливаются. Например, почему останавливается катящийся по земле шар? Для правильного ответа на этот вопрос, следует ответить на другой - в каких случаях шар останавливается быстро, а в каких медленно? Для этого не нужны сверхсложные опыты. Из простых наблюдений известно - чем более гладкой является поверхность, по которой движется шар, тем дальше он катится. Из этих и подобных опытов вырастает естественное представление о силе трения, как о помехе движению. Различными способами можно уменьшить трение. Возникает вопрос: а что бы произошло, если бы сопротивления движению не было, если бы силы трения отсутствовали? Очевидно, в этом случае движение продолжалось бы бесконечно, с неизменной скоростью и вдоль одной и той же прямой линии. Здесь Галилей учел равномерность движения, учел влияние тормозящих причин, учел криволинейность движения. При этом в экспериментах с движущимися шарами Галилей установил, что, воздействуя на шары приложением какой-то силы, можно изменить их скорость, а если не воздействовать, то скорость останется неизменной. Это привело его к выводу, что для равномерного движения тел, в том числе и небесных, сила не нужна, так как движение продолжается само по себе, а инерция является внутренним свойством каждого тела. И в этих своих рассуждениях Галилей не анализировал участие сил тяжести в явлении инерции, хотя силу тяжести как таковую понимал и использовал в своих экспериментах. Это можно считать ошибкой Галилея.

Далее, используя сформулированное им понятие инерции, как внутреннее свойство всех тел находиться в состоянии покоя или равномерного криволинейного движения без всяких причин, Галилей, демонстрируя мысленные опыты в каюте корабля, сформулировал принцип относительности, который заключается в том, что равномерное движение корабля невозможно обнаружить никакими механическими опытами, проводимыми внутри его. Следует отметить, что и в этих своих рассуждениях Галилей не упоминал ни о криволинейности (относительно центра Земли) пути движения корабля, ни о радиальном характере действия сил тяжести. Это можно считать второй ошибкой Галилея.

Тем не менее, Ньютон, формулируя свои законы движения, практически в полном объеме использовал определение инерции Галилея и дал якобы более ясную и доступную

новую формулировку, однако привнес еще одну ошибку, когда ввел условие прямолинейности движения

Таким образом, Ньютон узаконил ошибки, которые допустил Галилей в понятии инерции и связанные с нею вопросы. Более того, Ньютон писал об абсолютном движении: *под действием сил возникают абсолютные ускорения, а не ускорения относительно какой то движущейся системы координат*. Но ответить на вопрос, где находится неподвижная, фиксированная система отсчета не мог. Если невозможно указать такой системы, то стоит ли включать ее в рассмотрение механики? Вот из таких сомнений и возникли инерциальные системы отсчета (ИСО) и родилась теория относительности.

Системы отсчета, в которых свободное тело покоится или движется равномерно и прямолинейно, называли инерциальными. Было принято, что механические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета: тела приходят в движение лишь под воздействием силы, тормозятся под действием силы, а при отсутствии действия сил, или покоятся, или движутся равномерно и прямолинейно. При этом все инерциальные системы считались инерциальными относительно поверхности Земли, которая также считалась инерциальной системой.

Невозможность какими-либо опытами выделить чем-либо одну инерциальную систему по отношению к другим определило суть принципа относительности Галилея. Однако стоит только начать использовать понятие РЕАЛЬНОЙ инерции, как принцип относительности Галилея легко опровергается. А вместе с этим принципом ставится под сомнение возможность использования ИСО.

Тем не менее, ошибочный закон инерции в совокупности с принципом относительности стали тем фундаментом, на котором покоится все учение о движении тел.

На самом деле, реальное явление инерции (движение тел по инерции) возможно только благодаря радиальному характеру внешней силы - силы тяжести на сферической, т.е. криволинейной поверхности Земли или другого космического объекта. Кроме того, возможность простыми опытами выделить одну систему отсчета (поверхность Земли) по отношению к другим (движущимися относительно поверхности) опровергает суть принципа относительности Галилея.

Для соблюдения логики и устранения ошибок Галилея и Ньютона предположим, что причиной равномерного и «прямолинейного» движения тела по «горизонтальной» поверхности являются силы тяжести, характер воздействия которых является радиальным в любой точке поверхности Земли. Тогда **требуется объяснить**, каким же образом сила тяжести преобразуется в силу, вызывающую движение по инерции. Далее вместо понятия

силы тяжести будем использовать понятие силы притяжения, как более правильное, так как сила тяжести включает в себя еще силу, зависящую от скорости – центробежную силу.

**Предлагается следующее объяснение.** На тело с массой  $m$  действует сила притяжения  $F$ , равная произведению массы  $m$  на вектор ускорения свободного падения (УСП)  $g$ . Сила  $F$ , являясь произведением скалярной величины на векторную, также является векторной величиной. В двух, отстоящих друг от друга точках 1 и 2, на горизонтальной для каждой точки поверхности Земли, на тело с массой  $m$  действуют силы притяжения  $F_1$  и  $F_2$ , равные произведению массы  $m$  соответственно на вектора ускорений свободного падения  $g_1$  и  $g_2$ , модули которых одинаковы. При этом будем считать, что вектора  $g_1$  и  $g_2$  сходятся в центре Земли под углом  $\varphi$  (Рис.1), располагая их в масштабе от поверхности Земли до ее центра (точка  $O$ ). Вектора сил  $F_1$  и  $F_2$  также равны по модулю и сходятся в центре Земли под углом  $\varphi$  друг к другу (Рис.1). Для наглядности на рисунках векторы показаны под достаточно большим углом друг к другу, хотя этот угол может быть сколь угодно малым.

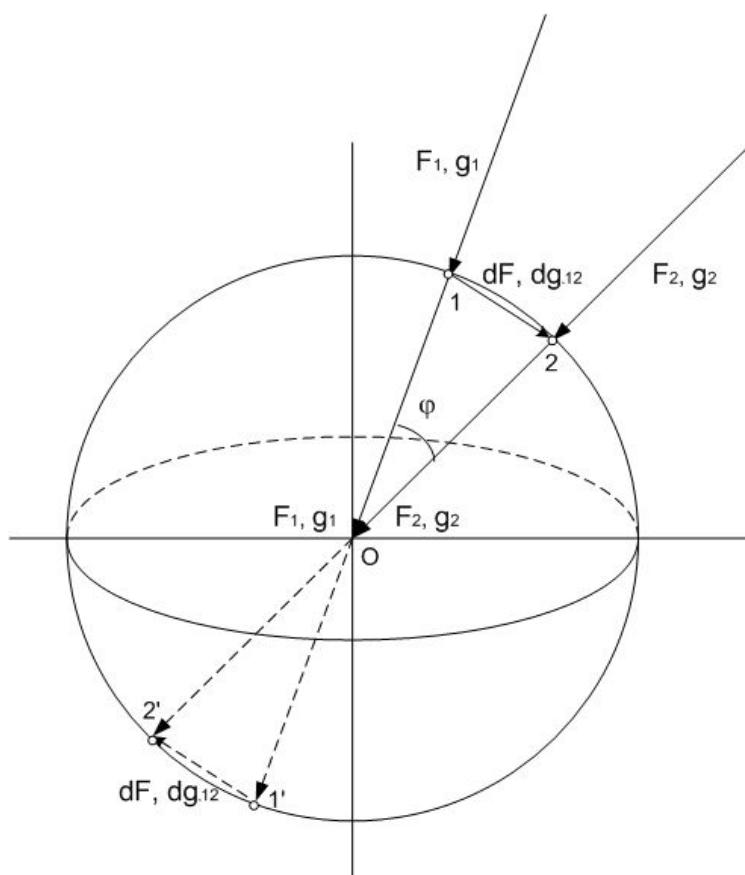


Рис.1

Пусть тело после приложения импульса силы находится в состоянии равномерного движения по «горизонтальной» поверхности Земли от точки 1 к точке 2 в условиях

отсутствия тормозящих воздействий поверхности и воздуха. Причем горизонтально будет в точке 1, в точке 2, но путь между этими точками является криволинейным, даже на участке длиной в 1 метр, с радиусом кривизны, равном радиусу Земли.

На это тело при его равномерном движении по окружности от точки 1 к точке 2 постоянно действует сила, равная разности сил  $F_2$  и  $F_1$  (в соответствии с Рис.1 переносим начало векторов  $F_2$  и  $F_1$  в точку 0, тогда для двух векторов  $F_1$  и  $F_2$ , имеющих общую точку 0 можно применить правило вычитания векторов (Рис.1)). Вектор  $\Delta F$  (на рисунке  $dF$ ), равный разности векторов  $F_2$  и  $F_1$  представляет силу, которая, являясь внешней по отношению к телу, действует от точки 1 к точке 2 и обеспечивает равномерное движение тела по «горизонтальной» поверхности Земли (по окружности), сколь угодно долго в отсутствии тормозящих причин. Таким образом, сила, действующая на тело массой  $m$ , определяется формулой:

$$\Delta F = m * (g_2 - g_1). \quad (1)$$

В выражении (1) разность векторов  $\Delta g = (g_2 - g_1)$  (на Рис. 1 -  $dg$ ) представляет собой ускорение, которое постоянно обеспечивает сила  $\Delta F$ . **Указанное ускорение родственно ускорению свободного падения, с той лишь разницей, что ускорение свободного падения действует всегда, а данное ускорение лишь с момента, когда тело после приложения силы находится в состоянии равномерного движения.** Под воздействием этой силы ( $\Delta F$ ) тело находится в состоянии равномерного движения со скоростью:

$$V = |g_2 - g_1| * R / g * \Delta t, \quad (2)$$

Из выражения (2) при  $\Delta t = 1$  ед. времени получаем:

$$|\Delta g| / \Delta t = g * V / R, \quad (3)$$

Всякому значению скорости равномерного движения тела соответствует свое значение величины получаемой по (3), назовем это значение **коэффициентом тигунции** (да простится мне моя нескромность в ответ на безразличие официальной науки), его размерность  $см/сек^3$ . Из этого следует, что, обеспечив равномерное движение тела по «горизонтальной» поверхности Земли (по круговой траектории), мы обеспечиваем определенную величину коэффициента «тигунции», которая остается постоянной на всем пути движения тела, вплоть до безостановочного движения по окружности Земли, естественно в условиях отсутствия тормозящих причин.



Одним из основных вопросов динамики движения является вопрос зависимости силы  $\Delta F$  от приложенной к телу силы  $F_{pr}$ , определяемой по второму закону Ньютона. Рассмотрим процессы, происходящие при возникновении физического явления ИНЕРЦИЯ. На тело с массой  $m$ , находящееся на «горизонтальной» площадке в условиях отсутствия тормозящих причин, оказывают контактное воздействие в виде приложенной силы  $F_{pr}$ . В момент воздействия приложенной силы ей будет противодействовать сила неизвестной науке природы, которую называют «силой инерции» (не известна природа и причина этого противодействия).

Какова же природа этого противодействия? – противодействует гравитационное поле, вернее одно из его свойств, обусловленное радиальным характером сил притяжения. Величина этого противодействия определяется массой тела и ускорением, которое приобрело тело, преодолевая действие гравитационного поля. В физике принято называть эту силу - **силой инерции**.

Одновременно, приложенная сила  $F_{pr}$  преобразуется в силу  $\Delta F$ . Учитывая различие в характере указанных сил, введем новое понятие - сила «тигунции»  $F_{tg} = \text{сумма } (\Delta F)$ , которая направлена в ту же сторону, что и приложенная сила (сила инерции действует только в момент приложения силы, а сила «тигунции» действует после окончания приложения силы) в соответствии с выражением:

$$F_{tg} = F_{pr} * g * \Delta t * t / R \quad (4)$$

Где :  $g$  – модуль УСП;  $\Delta t$  – коэффициент размерности времени (соответствует 1 сек, если в размерности силы и  $g$  используется сек);  $t$  – время, в течение которого к телу была приложена сила  $F_{pr}$ ;  $R$  – расстояние до центра гравитирующего объекта (здесь Земли).

В результате воздействия приложенной силы  $F_{pr}$  тело приобретет скорость равномерного движения  $V$  и далее будет двигаться с этой скоростью бесконечно долгое время под воздействием силы «тигунции»:

$$F_{tg} = m * g * V * \Delta t / R \quad (5)$$

Постоянство действия этой силы обеспечивает гравитационное поле. Здесь следует уточнить, что сила «тигунции» возникает и постепенно нарастает (или убывает) во время преобразования приложенной силы. Механизм преобразования следующий: на тело действует приложенная сила, этой силе противодействует сила инерции, эти силы равны по величине только в первый момент времени, однако приложенная сила начинает нарастать и сила инерции не «поспевает» за приложенной силой на величину  $\Delta F$  и тело приходит в движение. Как только тело сдвинулось с места первая порция  $\Delta F$  идет в копилку силы  $F_{tg}$ . Приложенная сила снова становится равной силе инерции, однако приложенная сила опять нарастает – тело увеличивает скорость, следующая порция  $\Delta F$

идет в копилку силы  $F_{tg}$  и так до тех пор, пока действует приложенная сила. Таким образом, механизм формирования силы «тигунции» является **дискретно-постоянным**.

Из вышесказанного следует, что движение по реальной инерции на самом деле происходит не под действием силы инерции, а под действием силы «тигунции» и это движение по криволинейной поверхности следует называть движением по «тигунции» в отличие от абстрактного прямолинейного движения по инерции.

В момент полного или частичного торможения тела, движущегося по «тигунции», сила «тигунции» преобразуется в приложенную силу в соответствии с выражением:

$$F_{pr} = F_{tg} * R / g * \Delta t * t \quad (6)$$

При этом  $t$  - это время, в течение которого скорость тела изменится до нуля или до какой-то меньшей скорости равномерного движения. Во втором случае сила «тигунции» не полностью преобразуется в приложенную силу, а лишь частично.

Отметим, что при воздействии на тело в горизонтальном направлении мы чувствуем своими мускулами влияние гравитационного поля, которое проявляется в сопротивлении движению, точно также как при воздействии на тело в вертикальном направлении (вверх) необходимо преодолевать силу притяжения.

Дальнейшее преобразование выражения (6) для приложенной силы дает знакомое всем выражение:

$$F_{pr} = m * V / t \quad (7)$$

– количество движения за единицу времени пропорционально приложенной силе.

Следует отметить, что предлагаемое понимание инерции – «тигунции» не противоречит закону сохранения энергии. Закон сохранения механической энергии для замкнутых систем звучит (одна из формулировок): «Увеличение кинетической энергии системы может произойти лишь за счет убыли потенциальной энергии этой системы». В случае движения по «тигунции» изначально в существующей формулировке понятия инерции заложено, что это движение само по себе, т.е. без всякой причины, а значит без затрат энергии. Для создателей формулировки закона инерции остался незамеченным факт убыли потенциальной энергии сил притяжения, имеющей практически БЕСКОНЕЧНЫЙ объем, и обусловленной радиальным характером этих сил. Исключили за малостью. Взамен придумали, что кинетическая энергия при движении по инерции не тратится. На самом же деле постоянно часть потенциальной энергии сил притяжения преобразуется в кинетическую энергию движения тела по «тигунции» ( $K_{tg}$ ), которая определяется по известному выражению, как произведение силы «тигунции» на пройденный путь ( $S$ ):

$$K_{tg} = F_{tg} * S \quad (8)$$

Таким образом, основной и единственной причиной существования равномерного движения по «горизонтальной» поверхности (по круговой орбите) являются силы притяжения, носящие радиальный характер. Так как в любой точке Земного шара имеются силы притяжения, вектора которых отличаются по углу друг от друга в любых точках поверхности, то везде выполняется условие такого движения, независимо от направления на местности.

Теперь, вспомним формулировку движения по **инерции** как равномерного прямолинейного движения тел, происходящего без внешних воздействий. Мы убедились, что **равномерное** движение тел происходит в результате только **внешних** воздействий, однако это движение **криволинейное**, а это значит, что понятие **инерции** в существующем понимании не применимо.

Это значит, что при прямолинейном движении нигде во Вселенной не будет равномерного движения тел, происходящего без внешних воздействий, так как все воздействия на тела во Вселенной имеют радиальный характер, т.е. по законам сферы (все космические объекты, обладающие гравитацией, имеют вектора сил притяжения, строго перпендикулярные своей поверхности, имеются ввиду сферические объекты с равномерным распределением массы).

Это значит, что инерциальные системы отсчета, в которых свободное тело покоится или движется равномерно и прямолинейно, без внешних воздействий таковыми не являются. Необходимо вводить другое понятие, исходя из того, что свободных тел в принципе не существует, исходя из того, что тело может двигаться равномерно только криволинейно, при этом только под воздействием сил притяжения другого более массивного тела.

Это значит, что закон инерции в прежнем понимании перестает быть тем фундаментом, на котором покоится все учение о движении тел.

Это значит, что инерциальными могут быть только системы, в которых присутствует гравитационное воздействие, а так как в реальной физической действительности во Вселенной нет места, где бы отсутствовали силы тяготения, то **НЕИНЕРЦИАЛЬНЫХ** (в новом понимании) систем в принципе быть не может.

Теперь снова посмотрим формулировку закона инерции: «**Всякое тело сохраняет свое состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока неуравновешенные внешние силы не заставят его изменить это состояние**». Формулировка требует существенной корректировки, в результате которой закон инерции - «тигунции» может иметь следующий вид: **«Всякое тело сохраняет свое состояние покоя или равномерного и криволинейного движения вокруг центра**

**гравитирующего объекта, пока другие тела своим воздействием не изменят это состояние».**

Исходя из нового понимания инерции (тигунции) рассмотрим механизм действия всех возможных сил на космический объект при его движении по эллиптической и как частный случай по круговой траекториям вокруг гравитирующего объекта.

При движении космического объекта (КО) по круговой или эллиптической траектории вокруг гравитирующего объекта (ГО) на КО в любой момент времени действуют три силы:

1. Сила притяжения:  $F = g * m$ , в радиальном направлении к центру ГО.
2. Центробежная сила:  $F_{cb} = m * V^2 / R$  в радиальном направлении от центра ГО.
3. Сила тигунции  $F_{tg} = m * (g_2 - g_1)$  в направлении движения КО (по хорде между двумя точками круговой для текущего радиуса траектории).

При этом движение КО по строго круговой траектории обеспечивается только силой тигунции, так как сила притяжения в любой момент времени полностью скомпенсирована центробежной силой.

При движении КО по эллиптической траектории происходит постоянное взаимосвязанное изменение указанных сил и ускорений, обусловленных этими силами (далее будем рассматривать только ускорения).

Рассмотрим векторную диаграмму сил, показанную на Рис.2.

В точке 2 траектории:

вектор  $A_{cb}$  – ЦБ ускорение,

вектор  $g$  – ускорение свободного падения,

вектор  $g - A_{cb}$  – разность векторов ускорений свободного падения и ЦБ ускорения,

вектор  $dg$  – ускорение тигунции,

вектор  $V_n$  – вектор радиальной составляющей орбитальной скорости  $V$ ,

вектор  $V_t$  – вектор ортогональной составляющей скорости  $V$ .

Далее рассмотрим, как указанные ускорения участвуют в создании орбитальной скорости  $V$ . Скорость  $V_n$  является интегральной характеристикой суммарного ускорения  $(g - A_{cb})$ , при этом  $g = G * M / R^2$ , а  $A_{cb}$  определяется величиной скорости  $V_t$  по выражению  $A_{cb} = V_t^2 / R$ . Скорость  $V_t$  прямо пропорциональна величине ускорения тигунции  $dg$  (определяется по выражению (2)). Вектор скорости  $V_t$  направлен перпендикулярно радиусу на ГО и определяется текущим расстоянием от центра ГО. Для определения скорости  $V_t$  на любом участке траектории используется соотношение  $V_t * R = \text{Const}$ ,

которое несколько отличается от соотношения из второго закона Кеплера «Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные времена радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, заметает сектора равной площади».

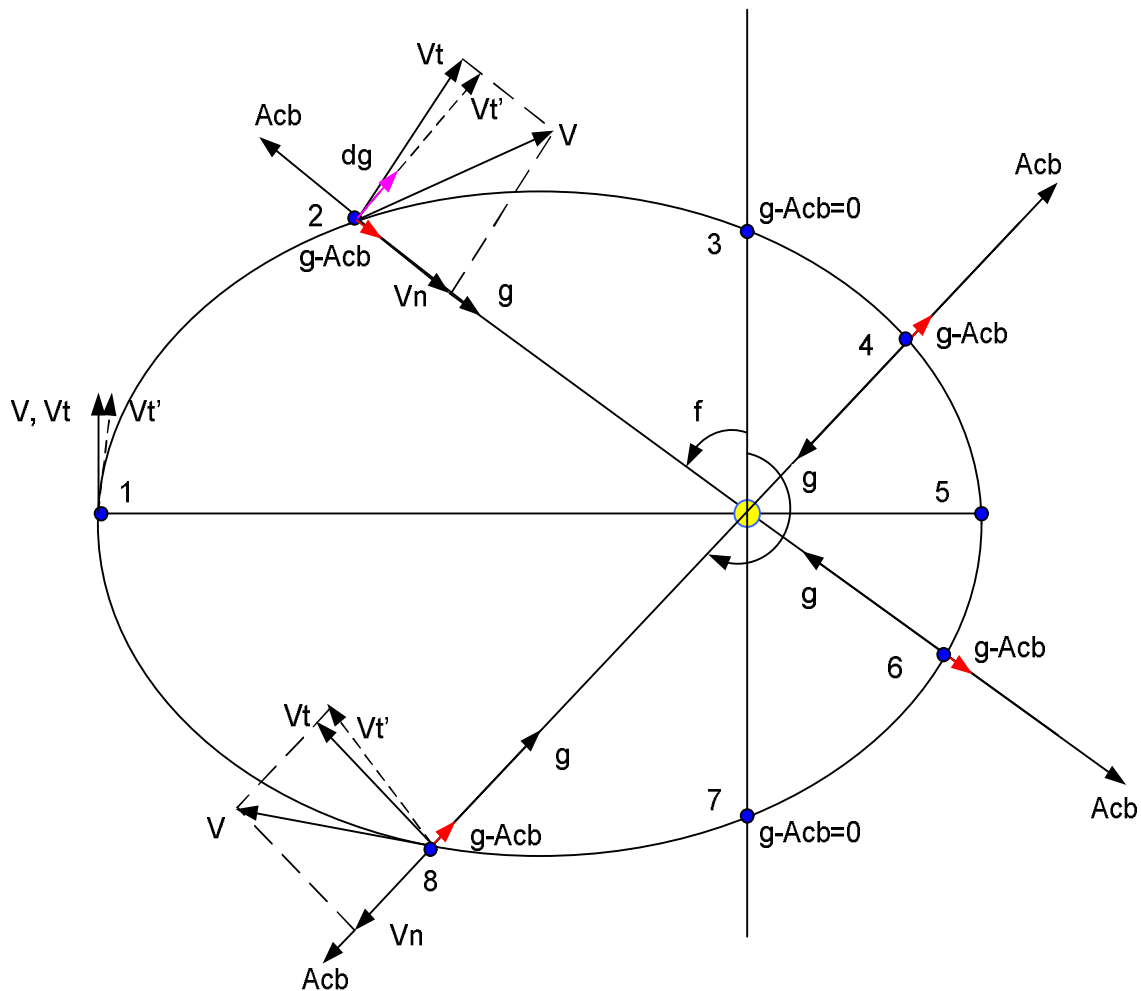


Рис. 2

На Рис. 2 показано, что вектор разницы ускорений ( $g-A_{cb}$ ) на участках траектории расположенных левее вертикальной оси, проходящей через центр ГО, направлен к ГО, а на участках траектории расположенных правее вертикальной оси, направлен от ГО.

Характер изменения величин ускорений по ходу траектории показан на Рис. 5. Здесь начало координат соответствует точке 1 на рис 2. Первая точка пересечения кривой ( $g-A_{cb}$ ) и горизонтальной оси соответствует точке 3, вторая точка пересечения – точке 7. На участке 3-4-5-6-7 величина центростремительного ускорения больше величины ускорения силы притяжения. Соответственно на участке 7-8-1-2-3 величина центростремительного ускорения меньше величины ускорения силы притяжения.

Для лучшего понимания предлагаемого решения и возможности отследить характер изменения всех параметров движения рассмотрим алгоритм расчета эллиптической (и как частный случай круговой) траектории и результаты расчета на отвлеченном примере в декартовых координатах. В ходе расчета необходимо найти координаты каждой точки траектории движения КО как результат движения со скоростью, определенной по описанным выше ускорениям.

**Начальные условия:** ГО, имеющий параметры  $G \cdot M = 1000$  находится в точке с координатами  $X_0 = 300$  ед.  $Y_0 = 250$  ед.

КО находится в точке 1 с координатами  $X_1 = 20$  ед,  $Y_1 = 250$  ед. и движется со скоростью  $V_1 = 1.5$  ед/сек под углом 90 град к радиусу ГО.

**Решение:**

1. Находим расстояние  $R_1$  от ГО до КО:  $R_1 = \sqrt{(X_0 - X_1)^2 + (Y_0 - Y_1)^2}$ .

2. Находим  $\text{Sin}(\varphi_1) = (X_0 - X_1)/R_1$  и  $\text{Cos}(\varphi_1) = (Y_0 - Y_1)/R_1$  угла  $\varphi_1$  и угол  $\varphi_1 = \text{Arctg}(\text{Sin}(\varphi_1)/\text{Cos}(\varphi_1))$  между радиусом на ГО и вертикальной осью, проходящей через центр ГО.

3. Находим величину ускорения силы притяжения  $g_1 = G \cdot M / R_1^2$ .

4. Так как КО движется перпендикулярно радиусу, то считаем, что  $V_{t1} = V_1$ .

5. Находим величину ускорения ЦБ-силы:  $A_{cb1} = V_{t1}^2 / R_1$  (здесь используем  $V_{t1} = 1.5$  из начальных условий),

6. Находим приращение величины скорости  $V_n$  на 1-ом участке за время  $dt = 1$  сек:

$dV_{n1} = (g_1 - A_{cb1}) \cdot dt$  и величину скорости  $V_{n1} = V_{n0} + dV_{n1}$  (из начальных условий  $V_{n0} = 0$ ).

7. Находим проекции скорости  $V_{n1}$  на оси X и Y:  $V_{n1x} = V_{n1} \cdot \text{Sin}(\varphi_1)$ ,  $V_{n1y} = V_{n1} \cdot \text{Cos}(\varphi_1)$ .

8. Находим величину константы  $K = V_{t1} \cdot R_1$ .

9. Находим угол  $\alpha_1$ , на который отличается реальное (по хорде) направление тангенциальной скорости  $V_{t1}$  от ортогонального  $\alpha_1 = V_{t1} / (2 \cdot R_1)$ .

10. Находим угол направления скорости  $V_{t1}'$  по хорде окружности с радиусом  $R_1$ :  $\varphi_1' = \varphi_1 - \alpha_1$ .

11. Находим проекции скорости  $V_{t1}'$  на оси X и Y:  $V_{tx1}' = V_{t1}' * \text{Cos}(\varphi')$ ,  
 $V_{ty1}' = V_{t1}' * \text{Sin}(\varphi')$ .

12. Находим суммы проекций скоростей  $V_{n1}$  и  $V_{t1}'$  на оси X и Y:  $V_{x1} = V_{nx1} + V_{tx1}'$ ,  
 $V_{y1} = V_{ny1} + V_{ty1}'$  и величину орбитальной скорости  $V_1 = \sqrt{(V_{x1}^2 + V_{y1}^2)}$ .

13. Находим новые координаты для 2-ой и каждой последующей i-ой точки нахождения КО на траектории:  $X_i = X_{(i-1)} + V_{x(i-1)} * dt$ ,  $Y_i = Y_{(i-1)} + V_{y(i-1)} * dt$

14. Находим расстояние  $R_i = \sqrt{(X_0 - X_i)^2 + (Y_0 - Y_i)^2}$

15. Находим  $\text{Sin}(\varphi_i) = (X_0 - X_i) / R_i$  и  $\text{Cos}(\varphi_i) = (Y_0 - Y_i) / R_i$

16. Находим величину ускорения силы притяжения  $g_i = G * M / R_i^2$ .

17. Находим величину скорости  $V_{ti} = K / R_i$

18. Находим величину ускорения ЦБ-силы:  $A_{cbi} = V_{ti}^2 / R_i$ .

19. Находим приращение величины скорости  $V_n$  на i-ом участке за время  $dt = 1$  сек:

$dV_{ni} = (g_i - A_{cbi}) * dt$  и величину скорости  $V_{ni} = V_{n(i-1)} + dV_{ni}$ .

20. Находим проекции скорости  $V_{ni}$  на оси X и Y:  $V_{nxi} = V_{ni} * \text{Sin}(\varphi_i)$ ,  
 $V_{nyi} = V_{ni} * \text{Cos}(\varphi_i)$ .

21. Находим угол  $\alpha_i$ , на который отличается реальное (по хорде) направление тангенциальной скорости  $V_{ti}$  от ортогонального  $\alpha_i = V_{ti} * (2 * R_i)$ .

21. Находим угол направления скорости  $V_{ti}'$  по хорде окружности с радиусом  $R_i$ :  
 $\varphi'_i = \varphi_i - \alpha_i$ .

22. Находим проекции скорости  $V_{ti}'$  на оси X и Y:  $V_{txi}' = V_{ti}' * \text{Cos}(\varphi'_i)$ ,  
 $V_{tyi}' = V_{ti}' * \text{Sin}(\varphi'_i)$ .

23. Находим суммы проекций скоростей  $V_{ni}$  и  $V_{ti}'$  на оси X и Y:  $V_{xi} = V_{nxi} + V_{txi}'$ ,  
 $V_{yi} = V_{nyi} + V_{tyi}'$  и величину орбитальной скорости  $V_{i1} = \sqrt{(V_{xi}^2 + V_{yi}^2)}$ .

24. Переходим по циклу на п.13.

В соответствие с предложенным алгоритмом проведен расчет для эллиптической траектории при начальном условии скорости ( $V_1 = 1.5$  ед/сек) и круговой траектории ( $V_1 = 1,889822$  ед/сек). Расчет выполнен с помощью MS Excel. Расчет для другой начальной величины скорости производится только изменением числа в одной ячейке таблицы Excel.

На графике Рис. 3 показана траектория движения КО для случая  $V_1=1,5$ .

На графике Рис. 4 показана характеристика орбитальной скорости.

На графике Рис. 5 показаны характеристики изменения ускорений  $g$ ,  $A_{cb}$  и  $(g-A_{cb})$  во времени.

На графике Рис. 6 показана характеристика радиальной скорости  $V_n$

На графике Рис. 7 показана характеристика тангенциальной скорости  $V_t$

На графике Рис. 8 показаны характеристики всех скоростей ( $V_t$ ,  $V_n$ ,  $V$ ) во времени.

**Рис. 3 - Траектория движения КО для  $V=1,5$  ед/сек**

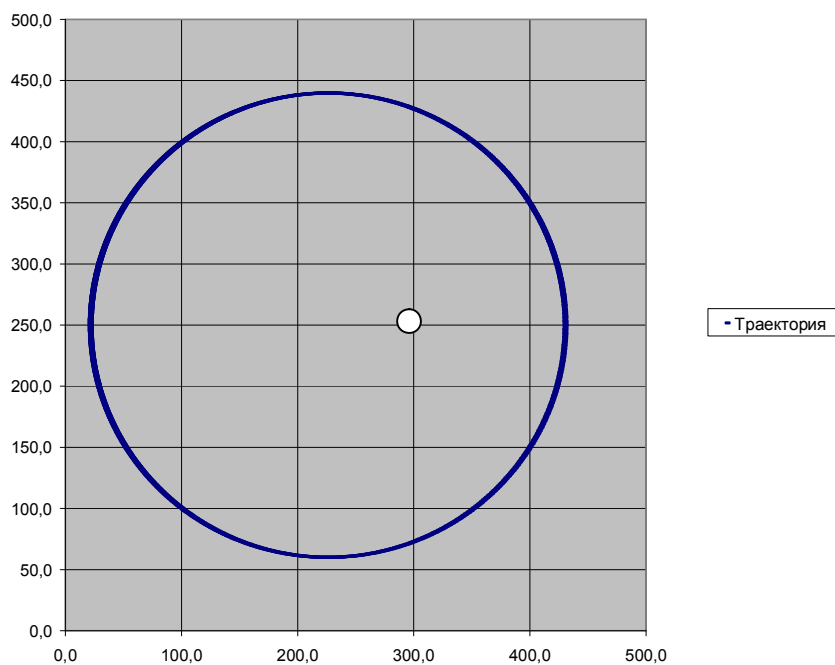




Рис. 4 - Характеристика орбитальной скорости  $V$

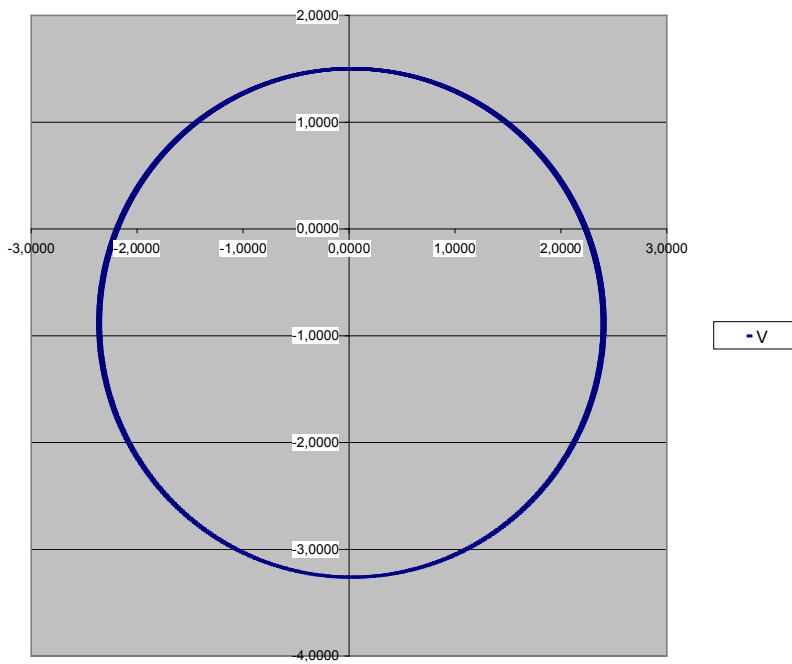


Рис. 5 - Ускорения  $g$ ,  $A_{cb}$ ,  $g-A_{cb}$

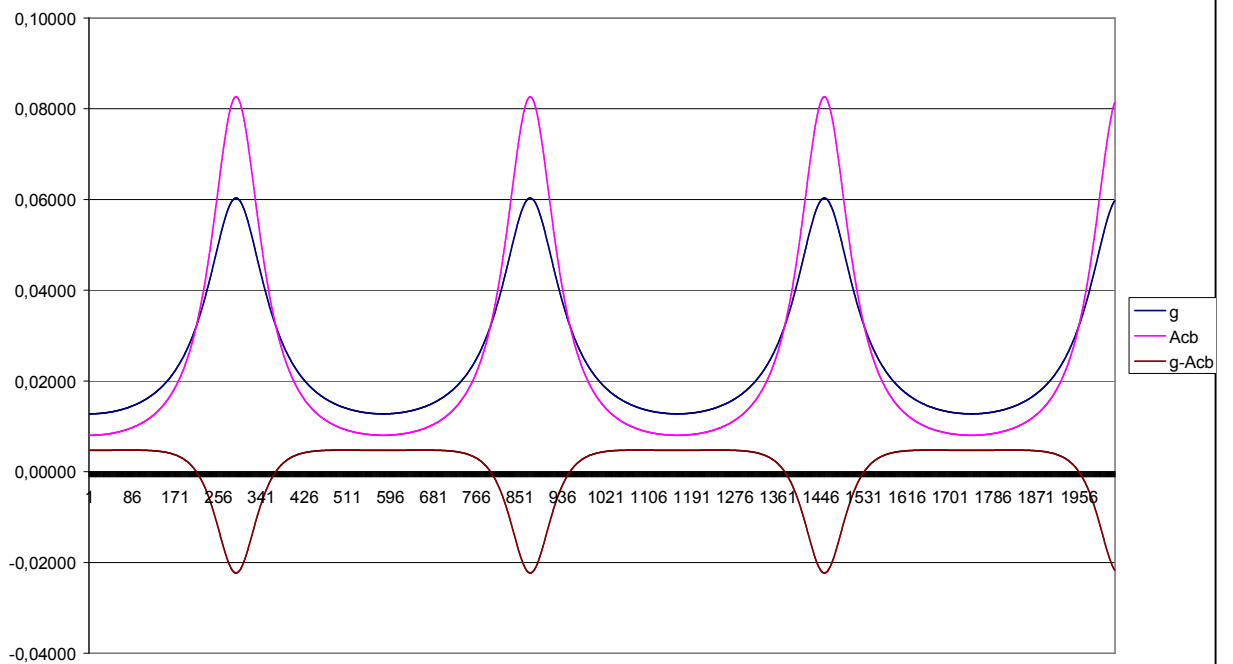


Рис. 6 Характеристика радиальной скорости  $V_n$

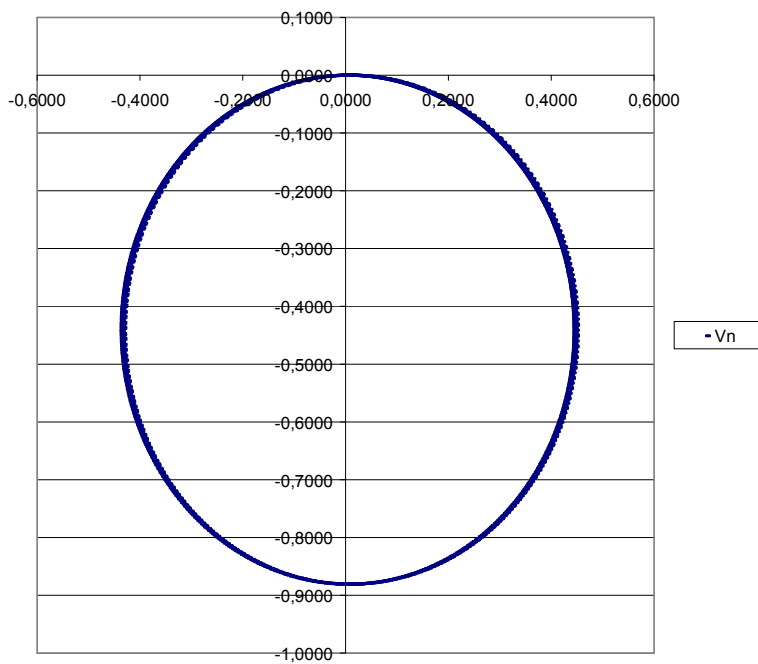


Рис. 7 - Характеристика тангенциальной скорости  $V_t$

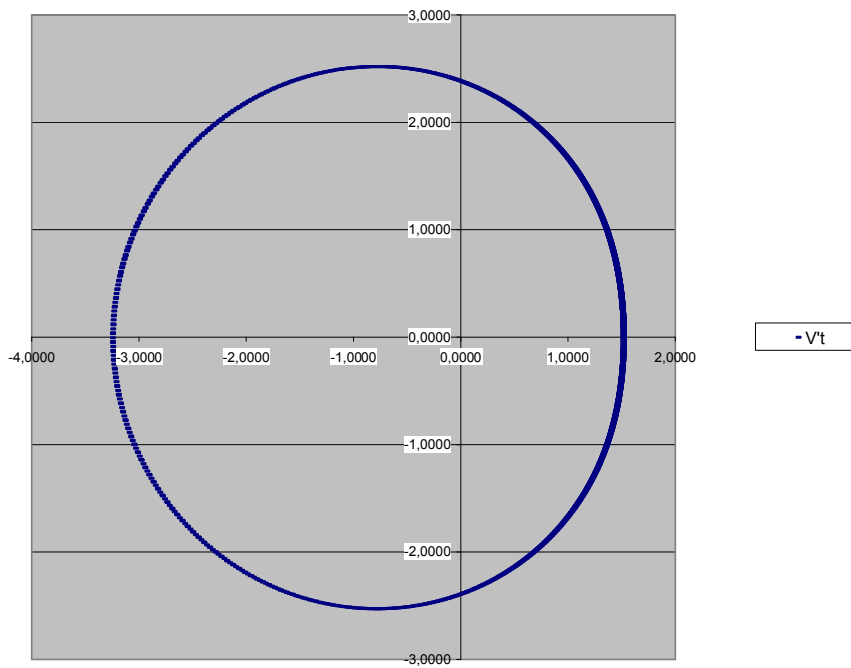
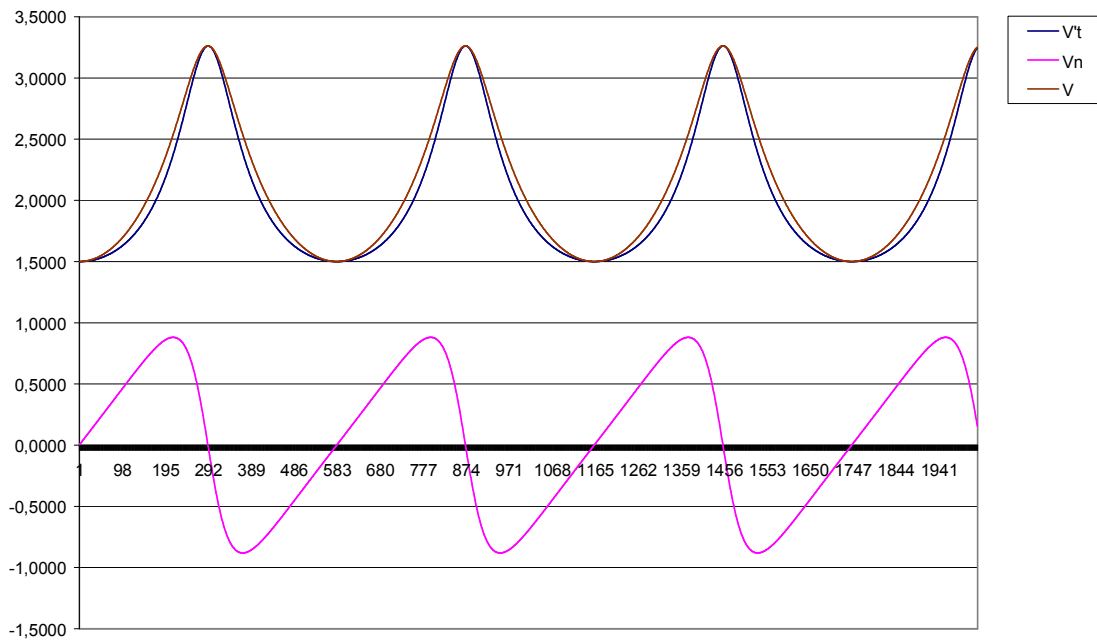


Рис. 8 - V, Vt', V



#### Выводы:

Чётко определены смысл и область применения понятий о центробежной и центростремительной (притяжения) силах и соответствующих им ускорений.

Создана механика, которая объясняет законы движения тел при горизонтальных составляющих скоростей тел от нуля до первой космической скорости и выше в поле тяготения Земли. Рассмотрено влияние центробежных сил, не связанных с вращением Земли, обусловленных горизонтальными скоростями тел на параметры их движения. Показана возможность использования законов Кеплера, центробежных и гравитационных ускорений и соответствующих им сил при решении баллистических и им подобных задач.

Показано, что только совместный учет сил притяжения, центробежной и инерции-тигунции позволяет правильно решить задачу определения траектории движения тел в поле тяготения гравитирующих объектов.