



lozga 25 мая 2015 в 05:06

Как опереться на пустоту?

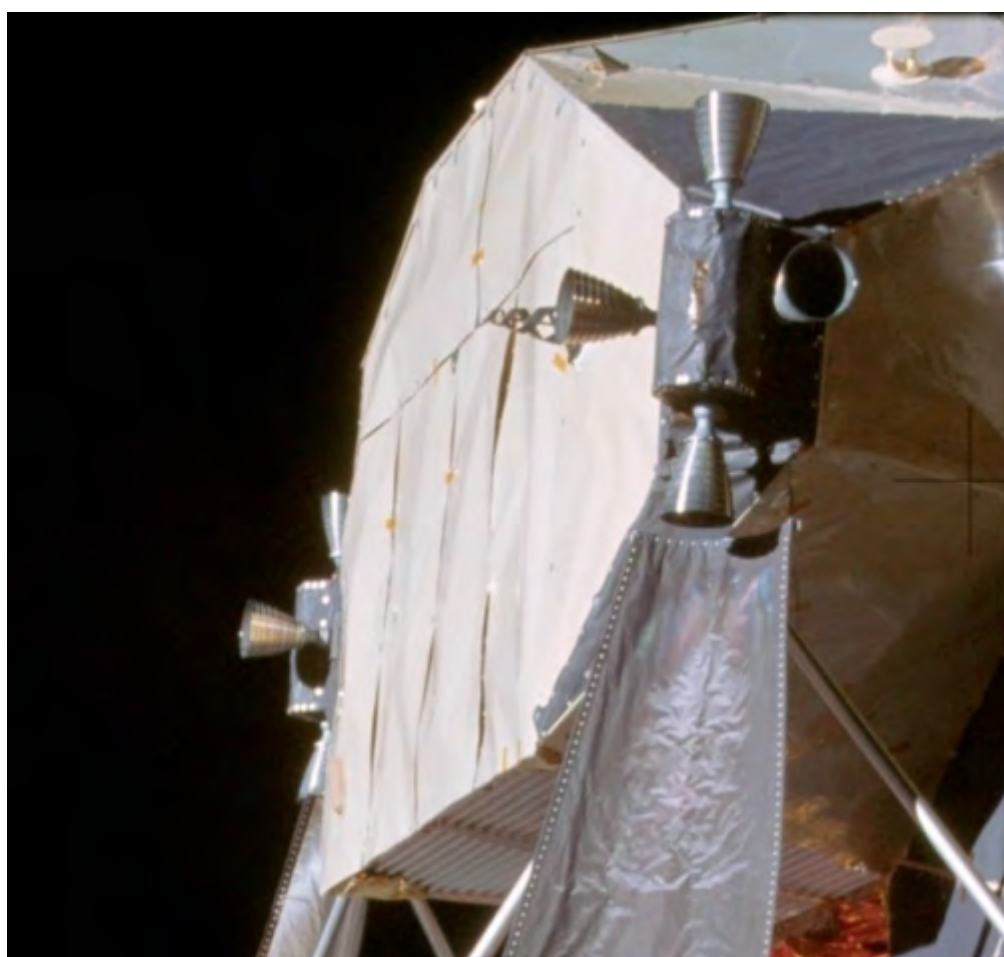
Научно-популярное, Космонавтика, Физика



«Дайте мне точку опоры, и я переверну Землю» — так, по легенде, сказал Архимед, научно объяснив интуитивно понимаемый принцип работы рычага. Но в космическом вакууме опоры нет. А спутникам нужно, чтобы солнечные батареи смотрели на Солнце, антенны — на Землю, камера — на интересный участок Марса, а двигатель для коррекции орбиты — строго в определенную точку пространства. Приходится что-то придумывать, чтобы опереться на пустоту.

Двигатели ориентации

Самый очевидный вариант — поставить специальные небольшие двигатели, которые будут управлять ориентацией аппарата:



Двигатели ориентации лунного модуля

Двигатели можно сделать мощными, чтобы поворачивать тяжелые аппараты или крутиться быстрее, или очень слабыми, чтобы поворачиваться очень точно. Они сравнительно мало весят и не требуют электроэнергии, когда не работают. Все бы хорошо, но для того, чтобы поворачиваться, нужно тратить топливо, а его всегда ограниченное количество. Да и у самих двигателей есть ограничения по количеству запусков и общему времени работы.

Двигатели ориентации можно также использовать для орбитальных маневров, особенно если планируется стыковка. Маршевый двигатель может толкать аппарат только в одну сторону, а с помощью двигателей ориентации можно смещаться по всем осям.

Достоинства:

- Простота.
- Обеспечивают ориентацию по всем трем осям.
- Сравнительно небольшая масса.
- Гибкость: можно сделать мощные или очень точные двигатели.
- Могут использоваться для маневрирования на орбите.
- Могут долго находиться в выключенном состоянии.

Недостатки:

- Расход топлива.
- Ограничение по количеству запусков и общему времени работы.
- Загрязнение окрестностей аппарата сгоревшим топливом (может быть актуально для телескопов).

Двигатели ориентации используются обычно там, где требуется активное, сравнительно редкое или короткое по времени изменение ориентации аппарата. Поэтому они стоят на всех пилотируемых аппаратах, и обычно предпочтительны для межпланетных станций, которые месяцами и годами летят в спящем режиме, сохраняя построенную ориентацию.



Двигатели причаливания и ориентации корабля «Союз» на МАКС-2005. Красное — защитные крышки, которые снимаются перед полетом



Работа ДПО корабля «Союз» во время стыковки с МКС в ускоренном воспроизведении

Стабилизация вращением

Всем нам с детства известна способность волчка сохранять вертикальное положение. Если раскрутить космический аппарат, он будет вести себя совершенно также, сохраняя стабилизацию по оси вращения.



Если нас устраивает стабилизация по одной оси, мы не собираемся поворачивать аппарат в разные стороны и делать фотографии с длинной выдержкой, этот способ может оказаться очень экономным.

Достоинства:

- Простота.
- Экономичность — раскручиваемся один раз и крутимся хоть столетиями.

Недостатки:

- Стабилизация только по одной оси.
- Нельзя поворачивать аппарат.
- Вращение может мешать работе оборудования.

Исторически, стабилизацию вращением очень полюбили американцы. Все зонды программы «Пионер» стабилизировались вращением. На первых аппаратах это делалось из-за низкой грузоподъемности ракет — стабилизировать шестикилограммовый «Пионер-4» другими способами на технологиях 1959 года было невозможно. Стабилизация вращением «Пионеров» -10 и -11 выглядит отличным решением — если движение Земли по орбите укладывается в диаграмму направленности антенны, зонд постоянно «на связи», не тратя на это ни грамма топлива и не боясь отказа системы ориентации. Два зонда «Пионер-Венера» стабилизировали вращением, наверное, уже по привычке — на одном из них антенна механически вращалась, чтобы нацеливаться на Землю, что выглядит уже не очень рационально.

Кроме межпланетных станций, американцы широко использовали закрутку разгонных блоков. В этом случае твердотопливные разгонные блоки не нуждались в отдельной системе ориентации.



Запуск спутника с разгонным блоком РМ-Д с борта Спейс Шаттла

После разгона можно было достаточно просто затормозить вращение, используя закон сохранения момента импульса ([пример в невесомости](#), [пример на котиках](#)) — небольшие грузы разматывались на тросиках и [замедляли вращение аппарата](#).

Маховик (Reaction wheel)

Так же как кошка, которая в падении закручивает хвост в противоположную перевернута туловища сторону, космический аппарат может управлять ориентацией с помощью маховика. Например, если мы хотим повернуть аппарат по часовой стрелке:

1. Начальное состояние: аппарат неподвижен, маховик неподвижен.
2. Раскручиваем маховик против часовой стрелки, аппарат начинает поворачиваться по часовой стрелке.
3. Когда повернулись на нужный угол: останавливаем вращение маховика, аппарат останавливается.

Если маховик уже вращается, то, меняя его скорость, мы можем создавать силу, которая поворачивает аппарат. Вот на этом видео можно по высоте тона вращения маховика определить, что понижение скорости вращения (более низкий звук) создает силу, поворачивающую платформу по часовой стрелке, повышение скорости (более высокий звук) — против:



Использование маховиков позволяет поворачиваться с высокой точностью и не тратить драгоценное топливо. Но, как и любая другая техническая система, маховики имеют свои недостатки. Прежде всего, один маховик может поворачивать аппарат только по одной оси. Чтобы полностью управлять ориентацией аппарата нужно три маховика. А учитывая необходимость резервирования, шесть или больше. Также, скорость поворота прямо пропорциональна массе маховика и скорости его вращения и обратно пропорциональна массе аппарата. Говоря простым языком, чем больше масса аппарата, тем тяжелее должны быть маховики. Также, любой маховик имеет предельную скорость вращения и может разорваться, если его раскрутить сильнее. А если возмущающая сила действует на аппарат в одном направлении, то маховик со временем дойдет до предельной скорости, и нужно будет его разгружать какой-нибудь другой системой. Ну и, наконец, как и любая механика, маховик со временем изнашивается и может выйти из строя.

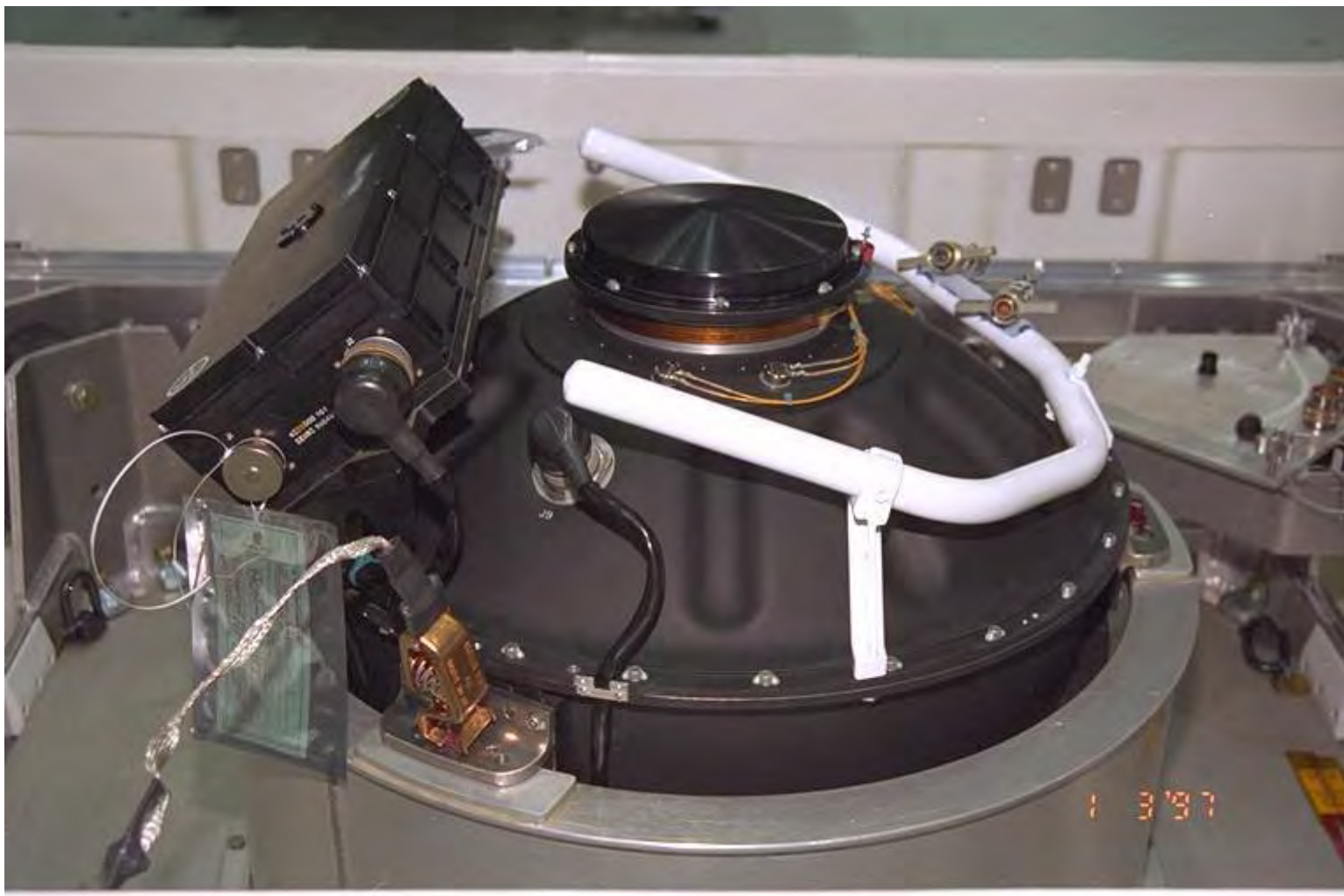
Достоинства:

- Не требует расхода топлива.
- Позволяет очень точно нацеливать аппарат.

Недостатки:

- Малопригодны для активного маневрирования, вращение сравнительно медленное.
- Требуется еще одна система ориентации для разгрузки маховиков.
- Со временем изнашиваются и выходят из строя.
- На каждую ось нужен минимум один маховик.

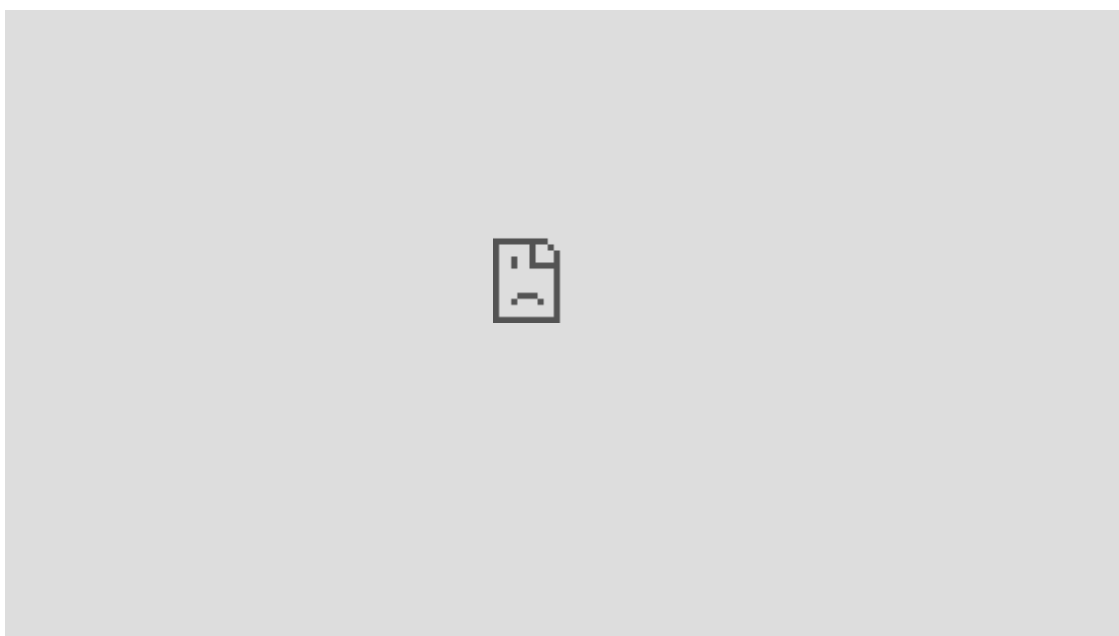
Маховики очень выгодны, если нам часто приходится перенацеливать аппарат, не меняя его орбиты. Поэтому маховики стоят на орбитальных телескопах. Например, на «Хаббле» стоят четыре маховика, обеспечивая резервированное управление по двум осям. У «Хаббла» нет задачи вращаться вокруг своей оси, поэтому маховики используются для поворота телескопа «вверх/вниз» и «вправо/влево».



Один из маховиков телескопа «Хаббл»

Гиродин (Control moment gyroscope)

Свойство волчка сохранять вертикальное положение можно использовать еще одним способом — на него можно опереться:



Если поместить такой волчок в подвесную систему, то можно, «опираясь» на него, поворачиваться в нужную сторону. Такие конструкции называются силовыми гироскопами или гиродинами. Главное отличие гиродина от маховика — в том, что маховик жестко установлен на одной оси и управляет ориентацией, изменяя скорость своего вращения. Гиродин же установлен в подвесе, который может вращаться в одной или нескольких плоскостях, и может не менять скорость своего вращения. В этом видео наглядно видно движение подвеса, при том, что высота тона вращения гиродина не меняется.



С точки зрения функциональности, гироскоп — это «продвинутый» маятник. Гироскопы эффективнее обычных маятников, но и сложнее. Они могут управлять ориентацией гораздо более тяжелых аппаратов, но разделяют достоинства и недостатки маятников. В этом видео показано, что гироскопы, как и маятники, нуждаются в разгрузке — когда ось подвеса не может больше поворачиваться, велосипед начинает падать:



Достоинства:

- Такие же, как у маятника.
- Эффективнее, чем маятник — гироскоп той же массы может управлять ориентацией гораздо более тяжелого аппарата.

Недостатки:

- Такие же, как у маятника.
- Сложнее маятника.

Гироскопы, благодаря своей эффективности, используются на орбитальных станциях. Например, на МКС стоят четыре гироскопа по 300 кг каждый.



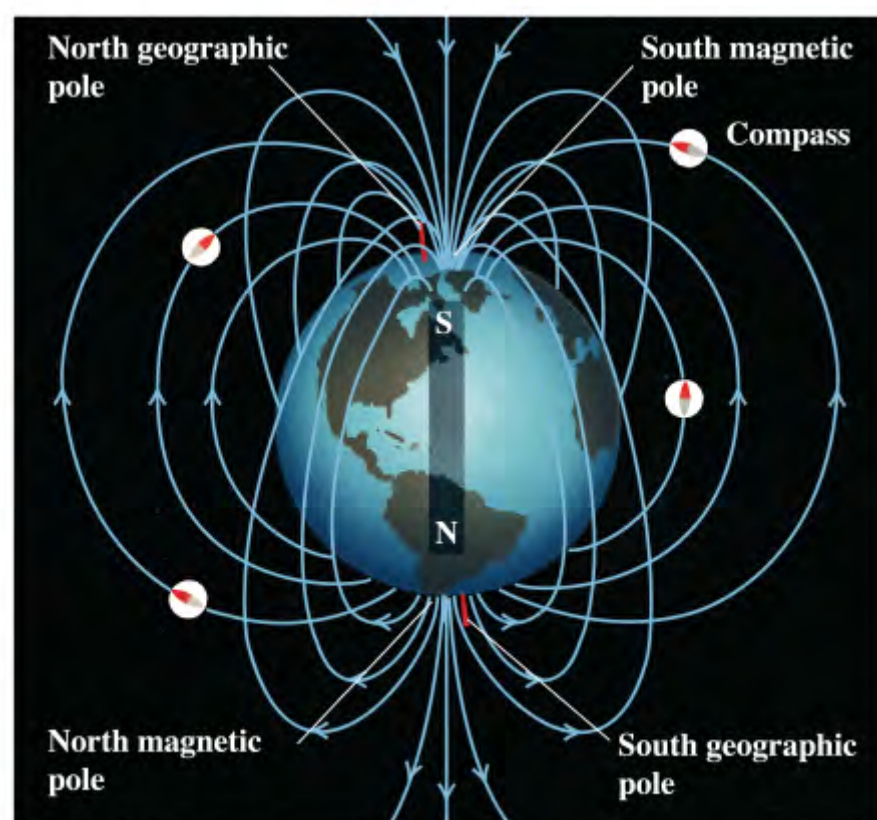
Замена гиродин на МКС

Электромагнитная система ориентации

Магнитное поле Земли способно поворачивать стрелку компаса, значит, эту силу можно использовать для того, чтобы управлять ориентацией космического аппарата. Если поставить на спутник постоянные магниты, то действующая сила будет неуправляемой. А если поставить катушки-соленоиды, то, подавая на них ток, можно создавать нужный управляющий момент:



Три соленоида, установленных в перпендикулярных плоскостях, позволяют управлять ориентацией спутника по всем трем осям. Точнее, они обеспечивают хорошее управление по двум осям, стремясь установить аппарат как стрелку компаса. Управление по третьей оси обеспечивается изменением направления магнитного поля Земли при полете аппарата по орбите.



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

Электромагнитная ориентация не может быть точной из-за случайных колебаний магнитного поля Земли, и ее эффективность падает с высотой. Да и в целом, силы, создаваемые соленоидами, невелики. Также их использование ограничено небесными телами с достаточно сильным магнитным полем, например, на орбите Марса, они практически бесполезны. Зато соленоиды не содержат движущихся частей, не тратят топливо и энергетически эффективны.

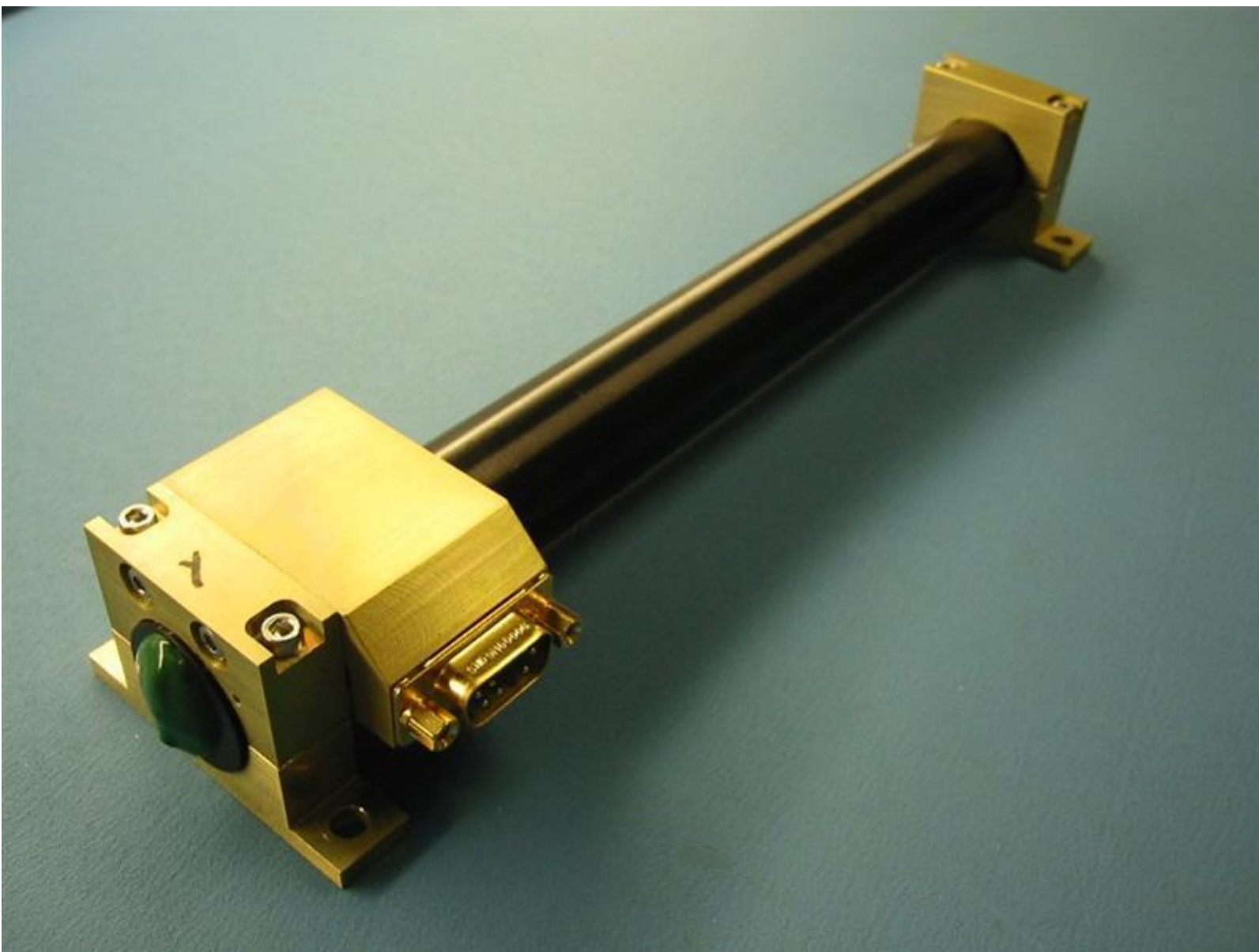
Достоинства:

- Простота.
- Не требуют топлива.
- Небольшая масса.
- Не содержат движущихся частей и практически не изнашиваются.

Недостатки:

- Небольшие управляющие силы.
- Невысокая точность.
- Требуется магнитное поле у небесного тела, вокруг которого обращается аппарат.
- Эффективность зависит от высоты.

Электромагнитная ориентация используется как основная на кубсатах и прочих небольших аппаратах. Также ее часто используют для разгрузки маховиков или гиродинов. Например, телескоп «Хаббл» использует в качестве основной системы ориентации маховики, а разгружает их электромагнитной системой.



Пример соленоида для космических аппаратов. [Сайт производит еля](#) утверждает, что о уже больше 80 соленоидов установлено на различных спутниках.

Гравитационная стабилизация

Притяжение двух тел обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Поэтому, если наш спутник выдвинет длинный шест с грузом, то получившаяся «гантель» будет стремиться занять вертикальное положение, когда ее нижняя часть будет притягиваться к Земле чуть сильнее, чем верхняя. Вот компьютерное моделирование 1963 года (!), показывающее этот эффект:



В первой части видео спутник занимает устойчивое положение по оси к Земле. В реальности случайные возмущения будут нарушать идеальное равновесие, и спутник будет колебаться вокруг оси, поэтому обычно такие системы дополняют демпфером. Небольшая емкость с жидкостью будет превращать энергию колебаний в тепловую и «успокаивать» спутник.

Достоинства:

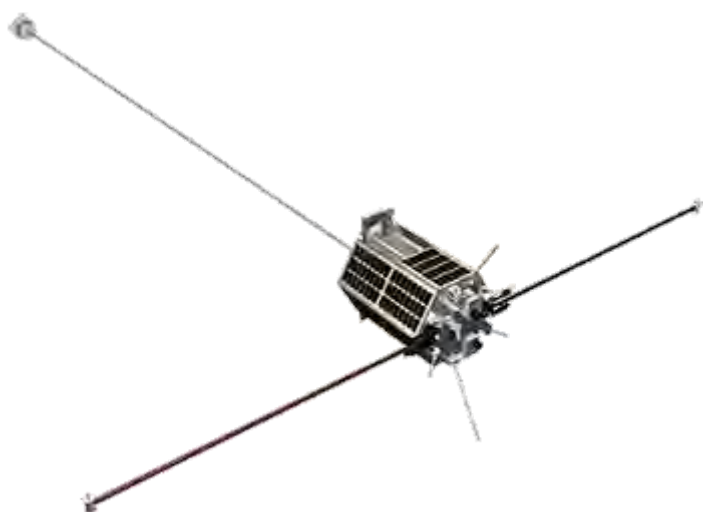
- Очень простая система.
- Ориентация строится пассивно, без системы управления.

Недостатки:

- Ориентация строится медленно из-за слабости сил, действующих на тело.
- Низкая точность.

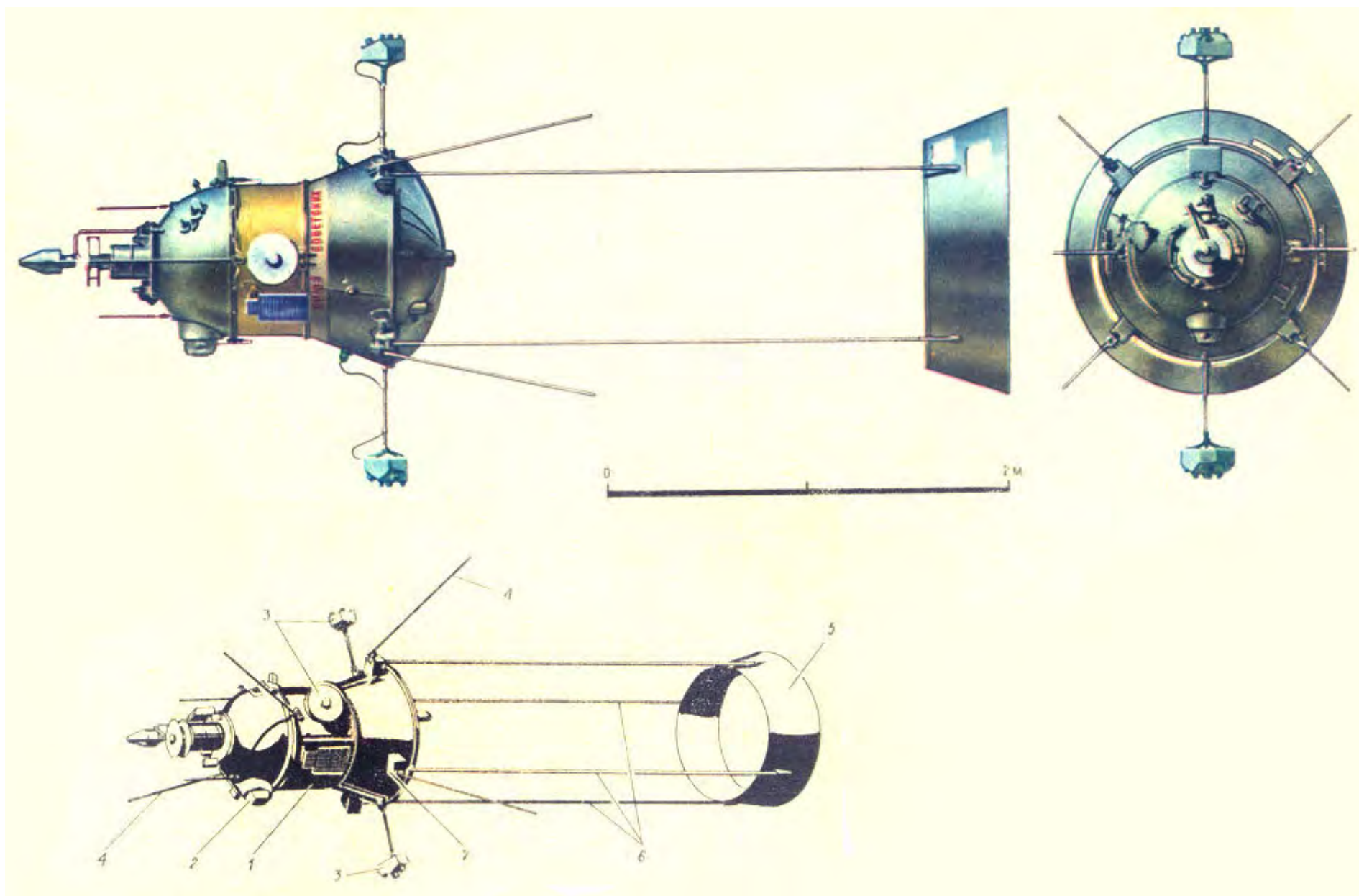
- Только один тип ориентации — осью к центру Земли.
- Эффект падает с высотой.
- Спутник может перевернуться «вверх тормашками» относительно нужной ориентации.

Гравитационная система ориентации используется в основном на небольших аппаратах, не требующих точной стабилизации. Она хорошо подходит для некоторых типов кубсатов, также, ей, например, был оснащен спутник «Юбилейный»:



Аэродинамическая стабилизация

Следы земной атмосферы заметны и выше ста километров, а большая скорость спутников означает, что они будут сильнее тормозиться. Обычно эта сила очень мешает, потому что спутники достаточно быстро тормозятся, спускаются еще ниже и сгорают в плотных слоях атмосферы. Но, тем не менее, это сила, которая действует всегда против вектора орбитальной скорости, и ее можно использовать. Первые эксперименты были проведены еще в 60-х. Вот, например, отечественный аппарат «Космос-149», запущенный в 1967 году:



Низкая орбита, где аэродинамические силы максимальны, негостеприимное место. Но иногда там необходимо находиться для большей точности измерений. Очень красивое решение было использовано в спутнике [GOCE](#), который изучал гравитационное поле Земли. Низкая орбита (~260 км) сделала эффективной систему аэродинамической стабилизации, а, чтобы спутник не сгорел слишком быстро, он постоянно ускорялся небольшим ионным двигателем. Получившийся аппарат мало похож на привычные спутники, кто-то даже назвал его «спутниковым Феррари»:



Благодаря ионному двигателю GOCE смог проработать с 2009 по 2013 годы, составив самую подробную гравитационную карту Земли.

Достоинства:

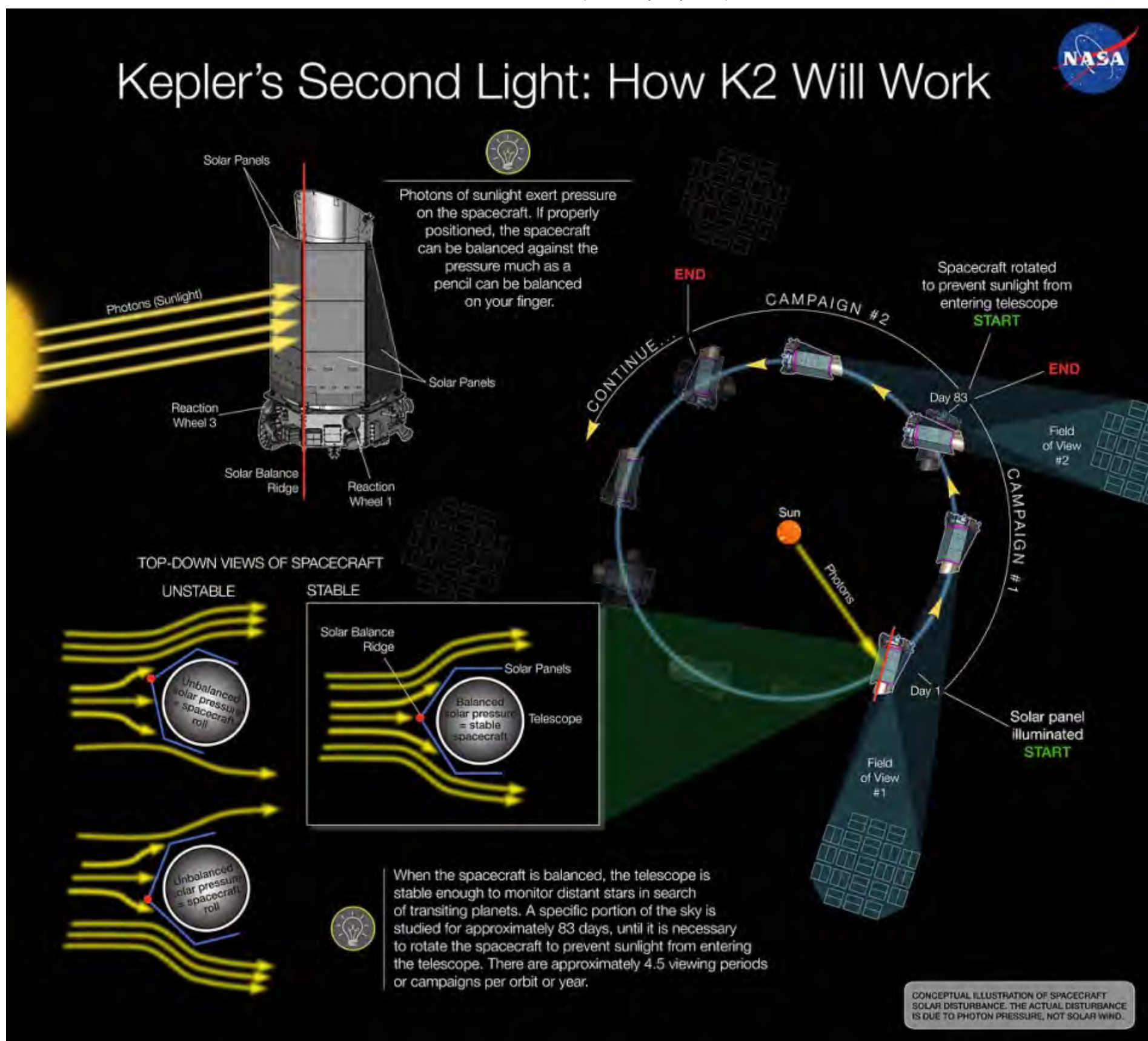
- Аэродинамическая сила бесплатна и не требует специальной системы управления.

Недостатки:

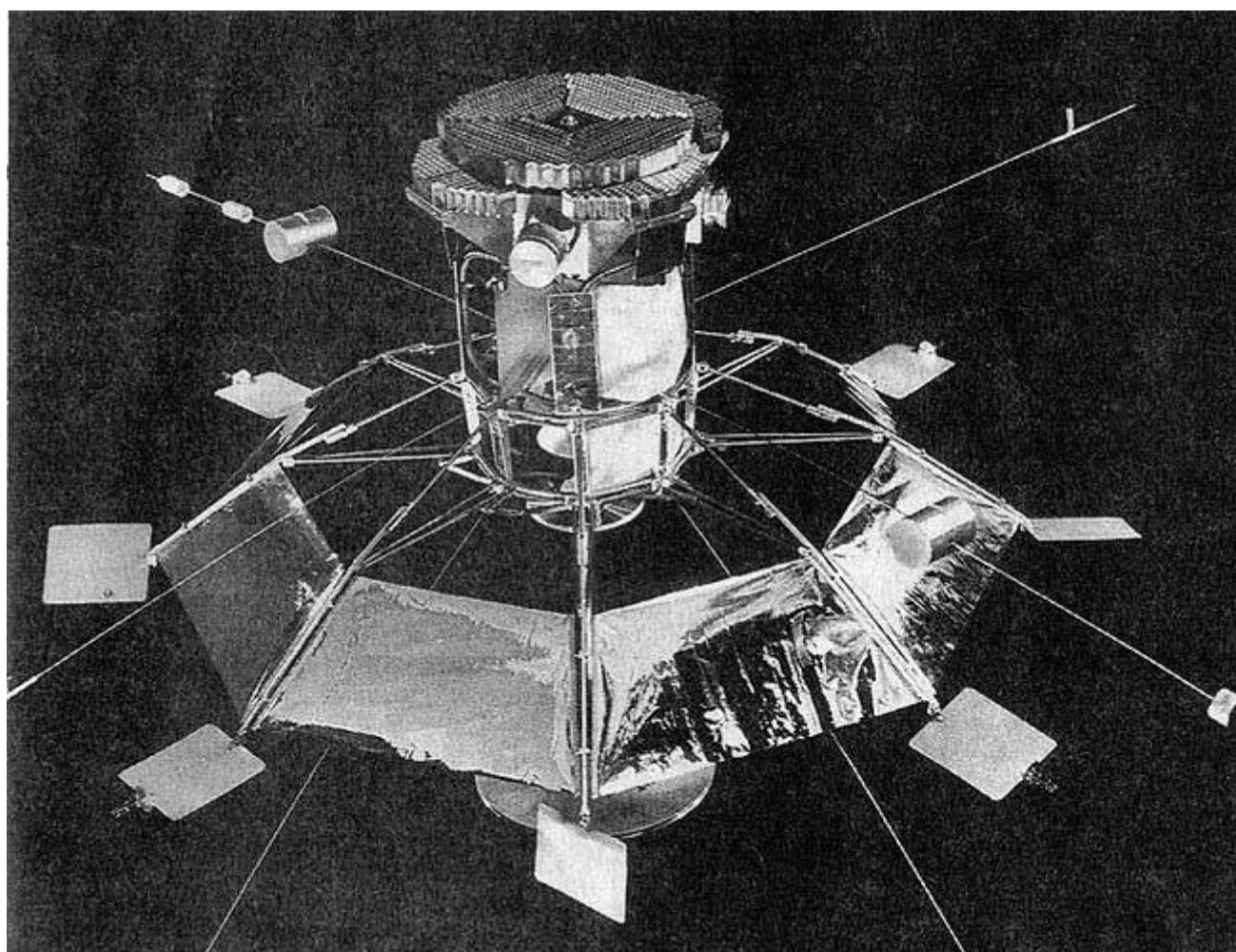
- Надо что-то делать, чтобы спутник не сгорел быстро в плотных слоях атмосферы.
- Сила зависит от высоты.
- Возможна ориентация только по одной оси.

Солнечный парус

Для построения ориентации можно еще использовать [давление солнечного света](#). Солнечный парус обычно рассматривается как способ движения, но на спутник сложной формы с антеннами и солнечными батареями Солнце тоже будет действовать. Это может рассматриваться как помеха для других систем ориентации, либо, если разработчики рассчитали моменты сил заранее, это можно использовать для помощи построения ориентации спутника. Уже в 1973 году зонд Маринер-10, отправившийся к Венере и Меркурию, использовал солнечное давление для построения ориентации аппарата. Вдохновляет находчивость [Лаборатории атмосферной и космической физики](#) — когда на телескопе «Кеплер» отказали два из четырех маховиков, лаборатория разработала способ построения ориентации при помощи двух оставшихся маховиков и солнечного давления, чтобы телескоп последовательно рассматривал четыре участка пространства в год:



Очень интересным был отечественный [проект Релата-Плазма](#), разрабатывавшийся в 90-х годах. С помощью солнечного паруса-стабилизатора и поворачивающихся рулей аппарат занимал положение в направлении Солнца и при необходимости мог быть закручен:



Даже сейчас подобная система была бы уникальной и очень интересной, жаль, что проект был закрыт.

Достоинства:

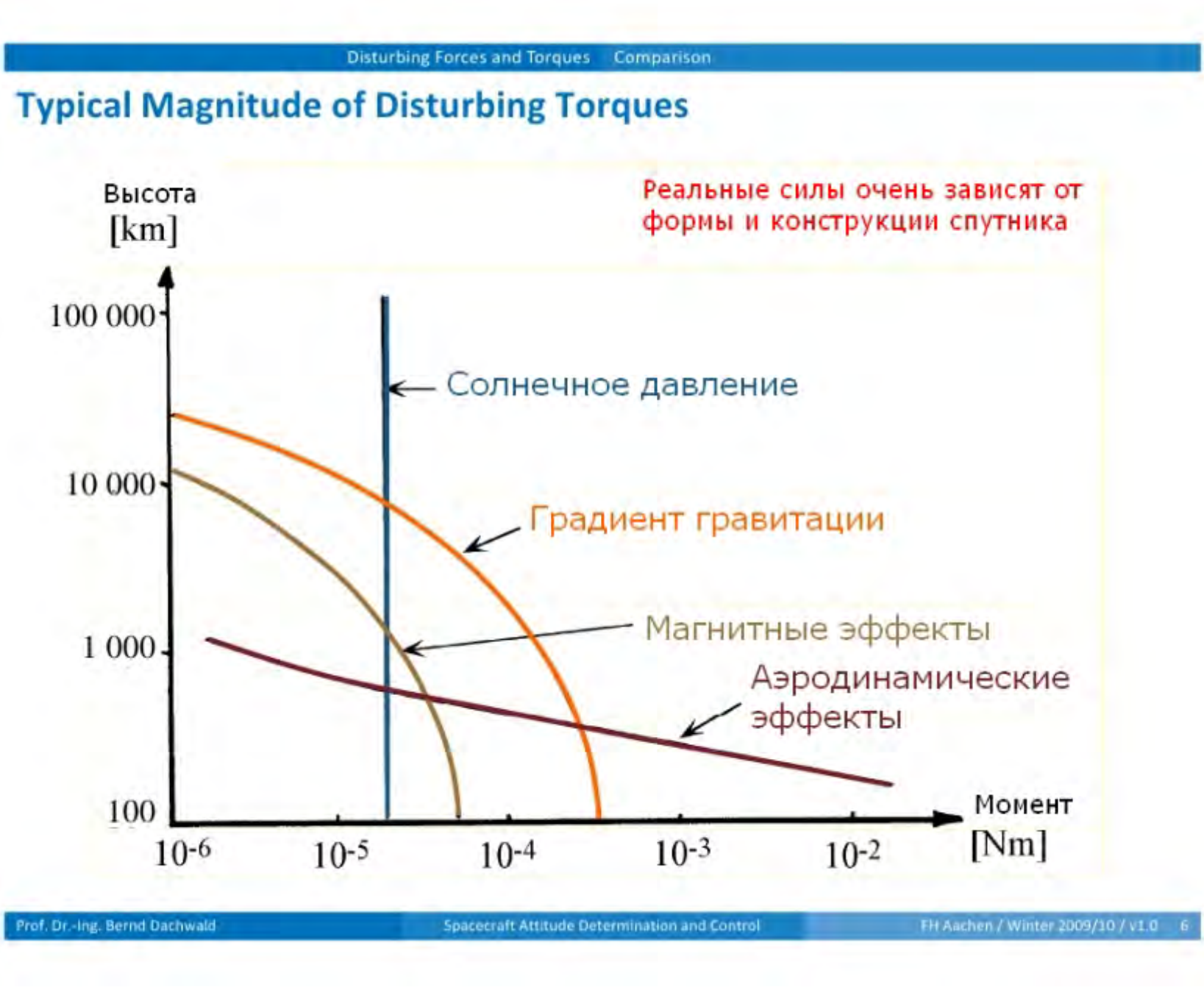
- Совершенно бесплатное солнечное давление.

Недостатки:

- Нельзя построить произвольную ориентацию по трем осям.
- Не работает в тени, что важно, например, для низкой земной орбиты.

Заключение

Для сил, которые зависят от высоты полета, есть примерный график:



Еще одно видео с котиками и реальными гиродинами NASA.
Более сложное видео по той же теме — «Проектирование системы ориентации и стабилизации» от сообщества «Твой сектор космоса».

По тегу «Незаметные сложности» публикации о двигателях, топливе, баках, стартовых сооружениях и тому подобных интересных, но не очень заметных из-за своей привычности вещах.


Теги: космонавтика, НСРТ

↑ +73 ↓

🔖 109

👁 40,6k

💬 46



682,7

232,0

966

Карма

Рейтинг

Подписчики

Филипп Терехов @lozga

Тестировщик и популяризатор космонавтики

Комментарии 46

 evorios 25 мая 2015 в 10:11

#

🔖

↑ +1 ↓

Очень хотелось бы увидеть в [KSP](#) электромагнитную систему стабилизации. Для сканеров поверхности самое то! Гравитационная тоже будет кстати на планетах без магнитного поля.

 SHVV 25 мая 2015 в 11:26

#

🔖

🔗

👍

↑ +4 ↓

Зачем, там же SAS итак убер-стабилизатор. Не требует разгрузки и не ломается от времени.

 beliakov 25 мая 2015 в 10:20

#

🔖

↑ +2 ↓

Читая статьи на космическую тематику, часто вспоминаю замечательный сборник задач «Смотри в корень» Петра Маковецкого:

Вы находитесь на орбите спутника Земли, и вам предстоит приземление. Известно, что для этого надо сделать: развернуть корабль с помощью двигателей ориентации так, чтобы сопла тормозных двигателей были направлены вперед по линии вашего полета, и затем включить тормозные двигатели. И вдруг вы обнаруживаете, что двигатели ориентации вышли из строя. Как быть? Сумеете ли вы развернуть корабль без двигателей?

n-t.ru/ri/mk/sk018.htm

И про гравитационную стабилизацию там тоже было: n-t.ru/ri/mk/sk035.htm

 lozga 25 мая 2015 в 17:55

#

🔖

🔗

👍

↑ +1 ↓

Интересный задачник, спасибо.

 FlameStorm 29 мая 2015 в 16:09

#


🔖

🔗

👍

↑ +2 ↓

Ну вот, и как я раньше жил и не знал о таком задачнике! Спасибо огромное!

 beliakov 29 мая 2015 в 16:12

#

🔖

🔗

👍

↑ +1 ↓

В детстве у меня этот задачник был настольной книгой. Зачитал до дыр в прямом смысле (книга была в мягком переплете), потом раздобыл второй экземпляр.

 paul_155 25 мая 2015 в 10:33

#

🔖

↑ -9 ↓

чем точнее ориентация, тем мощнее должны быть двигатели.

 fshp 25 мая 2015 в 13:30

#

🔖

🔗

👍

↑ +2 ↓

Что бы от малейшего манёвра аппарат сразу начинало крутить?

 paul_155 25 мая 2015 в 14:11

#

🔖

🔗

👍

↑ -2 ↓

предполагается, что посетители [geektimes](#) немножко владеют вопросом или могут самостоятельно его изучить.

1. речь об ориентации, а не манёврах. но и при манёврах кроме мощности есть ещё такой показатель как время включения.
2. при ориентации и стабилизации двигателями аппарат не может замереть в одной точке, он колеблется как маятник от одной границы чувствительности датчика ориентации до другой. двигатель срабатывает в момент выхода за границу. поскольку аппарат чего-то весит он возвращается в зону чувствительности не сразу. чем слабее двигатель тем больше выход за пределы чувствительности — и тем менее точна ориентация.

конечно проще заминусовать чем почитать теорию и исправить

 mayorovp 25 мая 2015 в 14:26

#

🔖

🔗

👍

↑ +2 ↓

Во-первых, хотя время возвращения в заданный диапазон зависит от момента инерции аппарата и мощности двигателя — сам по себе момент инерции этим самым двигателем и создавался на прошлой же итерации! Поэтому мощность в отношении сокращается — и «время возвращения» оказывается (в отсутствии внешних сил) константой, зависящей лишь от скорости реакции системы.

Во-вторых, вы забываете, что сами по себе пределы чувствительности тоже зависят от мощности двигателя. С мощным двигателем вы просто не сможете «попасть» в нужные пределы.

В итоге, мощность двигателя определяется лишь внешними воздействиями, которые необходимо компенсировать — и желательна как можно меньше, для большей точности.



paul_155 25 мая 2015 в 14:37 # 0

↑ -1 ↓

момент создаётся одинаковый у сильного и слабого, и компенсируется один и тот же. только слабым за 10 секунд, а сильным за 1 секунду. за это время он и выходит из зоны.
реальные аппараты проектировали?



mayogovr 25 мая 2015 в 15:07 # 0

↑ 0 ↓

Как же он создаст одинаковый момент с разной-то мощностью?
PS а вы?



paul_155 25 мая 2015 в 16:05 # 0

↑ 0 ↓

ну два раза же написано про время включения. ну и что что мощный, если работает доли секунды.
тут скорее не про момент, а про суммарный импульс. он тяга на время.
ну нельзя же так. ещё смеемся что выпускники планет не знают.

приходилось

смотрите формулу. могу ещё картинки прислать.



mayogovr 25 мая 2015 в 17:27 # 0

↑ 0 ↓

При чем тут суммарный импульс? Импульс — это про поступательную составляющую движения, а мы, кажется, про вращение говорили.

И правда, что же смеяться про выпускников, когда инженеры не знают, чем импульс от момента импульса отличается...

ну два раза же написано про время включения. ну и что что мощный, если работает доли секунды.

У вас есть двигатель, который мгновенно включается и выключается, да еще и без переходных процессов, к тому же столь точен, что ему не требуется обратная связь от датчиков ориентации? До чего техника дошла...

А если серьезно, то почему вы включение двигателя завязываете на датчик положения, а выключение у вас происходит само собой? Выключать двигатель должен такой же датчик.

И какая разница, сколько времени он работает? Ничего не мешает использовать менее мощный — который будет работать столько же времени.

По поводу формулы и картинок — обязательно пришлите! Особенно интересует вывод формулы. Потому что я ей сейчас просто не верю.



dead_undead 26 мая 2015 в 04:01 # 0

↑ +3 ↓

А если серьезно, то почему вы включение двигателя завязываете на датчик положения, а выключение у вас происходит само собой? Выключать двигатель должен такой же датчик.

Он и выключает. Как только угол отклонения возвращается в допустимые пределы.

И какая разница, сколько времени он работает? Ничего не мешает использовать менее мощный — который будет работать столько же времени.

Так, давайте по простому. Пусть у вас слабый двигатель придает угловое ускорение e а сильный — E . ($E > e$, на всякий случай)

Пусть вы отклоняетесь от положения равновесия с угловой скоростью w . Как только вы зарегистрировали отклонение, двигатель начинает работу. Пусть для простоты наш датчик абсолютно точный.

для слабого: $f = f_0 + wt - et^2 / 2$

для сильного: $f = f_0 + wt - Et^2 / 2$

Пусть мы хотим вернуться в начальную точку f_0 . То есть хотим, чтобы $f_{\text{конечное}} = f_0$. Время, которое на это понадобится:

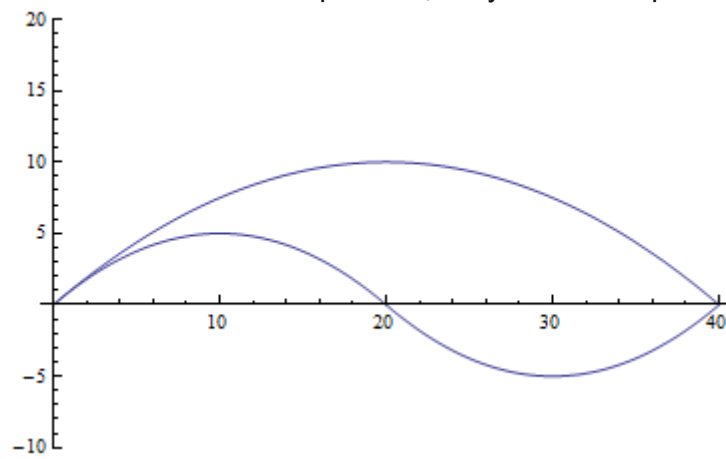
$wt = et^2 / 2 \Rightarrow t_1 = 2w/e$

аналогично $t_2 = 2w/E$

Из того, что $e < E$ следует, что $t_2 < t_1$. А теперь вспоминаем что у нас есть слагаемое $w \cdot t$. И пока мы «дуем», мы продолжаем дальше. тклоняться от положения равновесия \Rightarrow точность ориентации хуже.

Вот к примеру график $f(t)$ для ускорений $E = 2e$ для $t = 0..2 \cdot w/e$. Видно, что для слабого двигателя отклонение гораздо

больше => точность ориентации хуже. Что и требовалось. За более подробным идите в пост paul_155/



mayogovr 26 мая 2015 в 06:06



0



... а теперь вспоминаем, что w — не константа, а зависит от e .

$w = e t_0 / 2$, поскольку половину времени двигатель работал на увеличении w — и является единственной причиной того w , которое мы будем компенсировать на следующей итерации колебаний.

В итоге получаем $t_1 = t_0$ — абсолютно бесполезное для вычисления времени равенство, которое означает лишь тот факт, что вращение никогда не стабилизируется.

Очень надеюсь, что реальные спутники вот так никто не делает.



paul_155 26 мая 2015 в 10:20



0



попробую крайний раз.

отдельный двигатель создаёт только импульс тяги, больше ничего.

импульс тяги характеризуется тягой и временем работы двигателя.

пара двигателей, размещенных на удалении(плече) L и направленных противоположно, создадут момент.

момент характеризуется угловым ускорением. выше тяга выше ускорение.

пусть наш аппарат вращается с угловой скоростью w . одинаковой для аппарата с сильным и слабым двигателем.

при достижении угла требуемого положения нам w нужно превратить в $-w$ и отправить аппарат в обратное вращение.

слабый двигатель создаст слабое ускорение и затратит больше времени на переход от w к $-w$.

$$w = e t^2 / 2$$

при этом аппарат успеет повернуться на угол больше чем у сильного двигателя. в итоге размах колебаний у слабого двигателя будет больше, т.е. точность меньше.

факт, что вращение никогда не стабилизируется, исходит из того, что в космосе нет опоры.



mayogovr 26 мая 2015 в 11:05



0



Опять вы забыли упомянуть про датчик угловой скорости, который и устанавливает значение w . В схеме, где w — константа, не зависящая от мощности двигателя, и правда все сходится.

Ну я-то уже научился додумывать за автором такие вещи, почему остальные читатели должны заниматься тем же самым?



dead_undead 26 мая 2015 в 12:59



0



Начальная w не зависит от e ! Это возмущение! Мне казалось, это очевидно



mayogovr 26 мая 2015 в 13:53



0



Начальная — конечно же, нет! А вот та, с которой происходят колебания — могла бы и зависеть, если бы ее не зафиксировали намеренно.



dead_undead 26 мая 2015 в 14:28



0



Это то да, но мы рассмотрели для наглядности только реакцию системы на возмущение. Потому как дальше, мне кажется, должны включаться уже какие-то другие процессы управления, или наша система так и будет колебаться со скоростью возмущения w . Я только показал, что точность ориентации для сильного двигателя больше, ввиду того что он быстрее гасит внешние возмущения.



mayogovr 26 мая 2015 в 15:21



0



А зачем вы это показывали? Что, с этим кто-то спорил?



dead_undead 26 мая 2015 в 15:25



0



Вы писали

В итоге, мощность двигателя определяется лишь внешними воздействиями, которые необходимо компенсировать — и желательна как можно меньше, для большей точности.

И вообще весь спор, как я понял, был о том, можно ли обеспечить одинаковую точность слабым двигателем при большем времени работы. Ответ — нет, потому что максимальное отклонение от положения равновесия в результате внешнего воздействия будет зависеть от мощности двигателя.

 mayogovp 26 мая 2015 в 15:32

📖 ↻ ⬆

↑ 0 ↓

Совершенно верно. Сначала из общего множества всех двигателей мы выбираем те, которые в принципе способны решить задачу — загнать ориентацию спутника в допустимую область за приемлемое время — а потом начинаем искать на этом области оптимум, максимизируя точность.

Со вторым шагом возникла накладка — я уже написал, какая — но с тем фактом, что есть некоторое минимальное значение мощности, ниже которого двигатель просто не справится со своими обязанностями, я не спорил.

 paul_155 25 мая 2015 в 14:53

📖 ↻ ⬆

↑ +1 ↓

$P=I*\omega^2/2*L*\delta F_i$

δF_i — зона чувствительности

 fshp 25 мая 2015 в 14:31

📖 ↻ ⬆

↑ +1 ↓

Мне нужно повернуть аппарат по одной оси на 0.001 градус. Что проще?
1) Дувануть со всей дури, а потом такими же толчками пытаться исправить ситуацию.
2) Выпустить тихонечко мольку газа?

 paul_155 25 мая 2015 в 14:40

📖 ↻ ⬆

↑ -3 ↓

речь идёт о точности. мощнее не значит самый мощный.

 mayogovp 26 мая 2015 в 09:54

📖 ↻ ⬆

↑ +2 ↓

PS разобрался. И правда двигатели должны быть мощнее — просто потому что точность поддержания ориентации ограничена вовсе не погрешностями и допусками самого двигателя.

 paul_155 26 мая 2015 в 10:22

📖 ↻ ⬆

↑ +1 ↓

где мой пирожок?

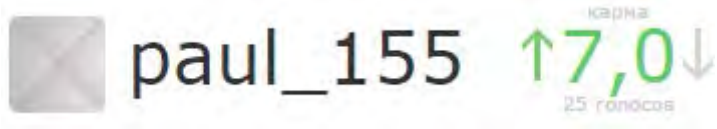
 mayogovp 26 мая 2015 в 11:11

📖 ↻ ⬆

↑ 0 ↓

Вот, уже три часа как выдан :) Но, вообще-то, пирожки на хабре выпрашивать опасно...

▼ [Скрытый текст](#)



 paul_155 26 мая 2015 в 14:19

📖 ↻ ⬆

↑ 0 ↓

я имел ввиду нормальный с повидлом, с полки

 mayogovp 26 мая 2015 в 15:24

📖 ↻ ⬆

↑ +1 ↓

Ну... т огда вы знает е, чт о с ним следует делат ь.

 paul_155 25 мая 2015 в 10:34

📖

↑ -1 ↓

про mDrive забыли

 mayogovp 25 мая 2015 в 10:57

📖 ↻ ⬆

↑ +1 ↓

Что это — и как применять его для поддержания/изменения ориентации?

 a_freeman 25 мая 2015 в 11:41

📖 ↻ ⬆

↑ 0 ↓

Полагаю что речь шла о [EmDrive](#)

А как использовать? Солнечной батареей питать и снимать момент. Но никто еще не затестил в космосе, что и есть самое интересное

 paul_155 25 мая 2015 в 14:15

📖 ↻ ⬆

↑ -2 ↓

а зачем переписывать то, что итак известно?

 lozga 25 мая 2015 в 17:56

📖 ↻ ⬆

↑ +2 ↓

На сегодняшний день это крайне сомнительная технология.

 forgotten 25 мая 2015 в 23:41

📖 ↻ ⬆

↑ 0 ↓

Хотел написать «это мягко говоря», но с удивлением обнаружил, что не могу привести пруфлинка: английская вики по сабжу состоит из восхваления оного без единой ссылки на критические статьи, да и просто поиском ничего особенного не находится. Что-то здесь не то.

 lozga 26 мая 2015 в 06:26

📖 ↻ ⬆

↑ +1 ↓


Ни капельки не удивительно, что изобретатели двигателя напишут о нем хорошую статью в вики, приведя все возможные подходящие источники.

 paul_155 26 мая 2015 в 10:31

📖 ↻ ⬆

↑ 0 ↓

чтобы рассуждать о сомнительности надо ей обладать.
когда я 15 лет назад сказал научному руководителю: а давайте использовать для ориентации магнитное поле Земли. он тоже сказал, что это очень сомнительно.
рано или поздно способы создавать тягу без выброса массы должны изобрести. весь вопрос где брать столько энергии.

 mayorovp 26 мая 2015 в 11:16

📖 ↻ ⬆

↑ +1 ↓

Чтобы рассуждать о технологии, надо иметь ее подробное описание. Все, что лично я знаю про EmDrive — это то, что там какая-то волна отражается, ну и «еще какие-то релятивистские эффекты участвуют, если подсчитать, то тяга получается».

Когда я увижу формулу с выводом — тогда и перестану считать этот двигатель шарлатанством. Только формул почему-то никто не предоставил. Либо в России настолько непопулярны современные технологии — либо этих формул просто нет.

 HomoLuden 25 мая 2015 в 12:17

📖

↑ +1 ↓

Стабилизация вращением

- Недостатки:
- Стабилизация только по одной оси.
 - Нельзя поворачивать аппарат.
 - Вращение может мешать работе оборудования.

А почему нельзя поворачивать аппарат? И почему стабилизация только по одной оси?

Если я правильно понимаю принцип гироскопа, то в данном случае такое вращение стабилизирует как минимум по двум поперечным осям.

PS: Хотел еще написать о том, что используя гироскопический момент можно вращение совершать по осям, перпендикулярным к оси собственного вращения. Но тогда получится уже гибрид первого способа и второго.

 lozga 25 мая 2015 в 18:00

📖 ↻ ⬆

↑ 0 ↓

При стабилизации вращением вращается весь аппарат целиком. В лучшем случае вы измените ось вращения и он будет вращаться другим боком. Ну, либо, остановить вращение, развернуть аппарат осью на цель и начать вращаться снова. Но смысл?

 paul_155 25 мая 2015 в 14:23

📖

↑ 0 ↓

в электромагнитной системе ещё нужны датчики магнитного поля и соленоидов обычно шесть, по два на ось: для создания момента.

 engine9 28 мая 2015 в 16:37

📖

↑ +1 ↓

Отличная статья, знал только про двигатели и маховики.

 qbertych 29 мая 2015 в 13:56

📖

↑ +2 ↓

Вроде на наноспутники иногда ставят просто стержни с очень малым магнитным гистерезисом. При вращении в магнитном поле энергия будет тратиться на перемагничивание. За какое-то время (порядка месяца) удастся погасить вращения вообще без каких-либо затрат.