**Изучаем начинку сервоприводов и надписи на коробках.**

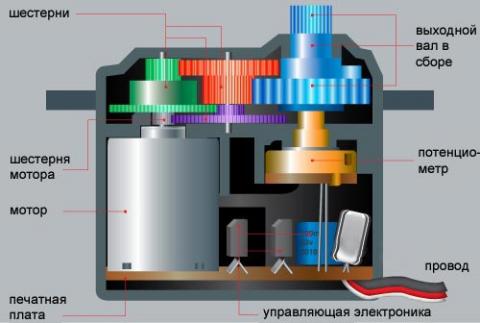
Все мы бывали в подобной ситуации, стояли перед прилавком местного магазинчика товаров для хобби, смотрели на море запчастей и думали, что же выбрать. Обычное дело! Часто выбрать правильную деталь сложнее, чем определиться с цветом вашего нового автомобиля ;-).

Как и остальные комплектующие типа двигателей, лопастей, топлива и радиоаппаратуры, сервоприводы представлены в огромном ассортименте. К счастью есть мы, источники информации и автор-переводчик и сейчас мы поведаем о том, как это море сервоприводов классифицируется, называется, какие конструкции бывают и для чего их придумали. Надеемся это поможет вам разобраться в ваших требованиях и быстро определиться с выбором.

Справедливости ради надо заметить, что рассказ пойдет о обычных сервоприводах для летющих радиоуправляемых моделей.

## Начнем с хвоста.

Все сервоприводы для радиоуправляемых моделей используют три провода для работы. Положительный провод для питания, обычно 4.8В или 6В, отрицательный провод и сигнальный провод. Управляющий сигнал передает информацию о требуемом положении выходного вала. Вал связан с потенциометром, который определяет его положение. Контроллер по сопротивлению потенциометра и значению управляющего сигнала определяет, в какую сторону требуется вращать мотор, чтобы получить нужное положение выходного вала. Чем выше напряжение питания сервопривода, тем быстрее он работает и больший момент развивает.

[](http://heli.msk.ru/sites/default/files/images/20120205172642.jpg)

Рулевая машинка (сервопривод)

Управляющий сигнал представляет собой импульсы переменной ширины. Импульсы повторяются с постоянной частотой, которая измеряется в герцах. Большая часть приемников генерирует импульсы с частотой 50Гц. Это означает, что они передают команды о требуемом положении сервопривода 50 раз в секунду. Положение сервопривода определяется шириной импульса. Для типичного сервопривода, используемого в радиоуправляемых моделях, длительность импульса в 1520 мкс означает, что сервопривод должен занять среднее положение. Увеличение или уменьшение длины импульса заставит сервопривод повернуться по часовой или против часовой стрелки соответственно.

Гироскопы используют более высокую частоту импульсов: 250Гц и 333Гц, что позволяет гироскопам чаще передавать команды сервоприводам. Гироскопы GY601/611 используют нестандартную ширину импульса 760мкс. Среднее положение при этом соответствует 760мкс, аналогично тому, как в обычных сервоприводах среднему положению соответствует 1520мкс.

## Характеристики сервоприводов.

### Размер и вес.

Размеры бывают микро, мини, стандартный и гигант(1/4). В пределах каждого класса размеры могут немного меняться, но в целом указанные группы покрывают 95% встречающихся размеров.

Средние размеры сервоприводов для справки:

* Микро: 24мм x 12мм x 24мм, вес: 8-10 г.;
* Мини: 30мм x 15мм x 35мм, вес 25 г.;
* Стандарт: 40мм x 20мм x 37мм, вес: 50-60 г..

### Скорость.

Скорость сервоприводов измеряется временем поворота качалки сервопривода на угол 60 градусов при напряжении питания 4.8В и 6В. Например, сервопривод с параметром 0.22с/60° при 4.8В поворачивает вал на 60 градусов за 0.22с при напряжении питания 4.8В. Это не так быстро, как может показаться. Наиболее быстрые сервоприводы имеют время перемещения от 0.06 до 0.09с.

### Момент.

Момент сервопривода измеряется по весу груза в кг, который сервопривод может удерживать неподвижно на качалке с плечом 1 см. Указывают две цифры, для напряжения питания 4.8В и 6В. Например если указано, что сервопривод развивает 10кг/см, значит, что на качалке длиной 1см сервопривод может развить усилие 10 кг, прежде чем остановится. Для качалки в 2см такой сервопривод сможет развить усилие 5кг, а на 5мм целых 20кг.

### Пластиковые, карбонитовые или металлические шестерни?

Как видно из названия, сервоприводы бывают с пластиковыми, карбонитовыми и полностью, либо частично металлическими шестернями или только с металлическим выходным валом. У всех есть свои плюсы и минусы, в зависимости от того где вы будете их использовать.



Шестерни сервоприводов.

Пластиковые шестерни относительно непрочные, зачастую ломаются при падении модели, но ремкомплекты на них недороги, а сами шестерни практически не изнашиваются. Карбонитовые во многом аналогичны пластиковым, немного прочнее последних и чуть более подвержены износу. Металлические шестерни намного прочнее, хорошо противостоят падениям, однако имеют самый дорогой ремкомплект и сильно подвержены износу. Со временем в металлических шестернях появляется люфт и, по-хорошему, их надо полностью менять каждый сезон.

### Обычный мотор, мотор без сердечника или бесколлекторный мотор?

Обычный мотор это мотор постоянного тока, который имеет наборный железный сердечник, разделенный на секции, на которые наложены витки обмотки. Сердечник, обмотки и коллектор образуют якорь. По бокам якоря расположены постоянные магниты. Сердечник бывает с 3-мя и 5-ю полюсами. Пять полюсов дают более высокий момент и плавность хода. Тяжелый якорь мешает мотору быстро набирать обороты и быстро останавливаться, а во время вращения якорь совершает колебания каждый раз как очередная секция сердечника проходит мимо магнита. Все это делает работу сервопривода с таким мотором дерганой и неточной.

[](http://heli.msk.ru/sites/default/files/images/20120205173056.jpg)

Моторы без сердечника, напротив, имеют единственный неподвижный магнит в центре и вращающуюся обмотку, которая оформлена в виде цилиндра или стакана и окружает магнит. Такая конструкция легче, не имеет секций и в результате более динамична и работает без рывков. Естественно, моторы без сердечника дороже, но дают более высокую точность, момент и скорость по сравнению со стандартными моторами.

Сервоприводы с бесколлекторным мотором появились сравнительно недавно и первоначально выпускались только компанией Futaba, но появляются бесколлекторные сервоприводы и других производителей, например MKS и Outrage. Преимущества те же что и у остальных бесколлекторных моторов: нет щеток, а значит они не создают сопротивление вращению и не изнашиваются, скорость и момент выше при токопотреблении равном коллекторным моторам. Недостаток - цена выше на 50-70%.

### Цифровые или аналоговые?

Что бы определиться какие лучше, давайте рассмотрим принцип работы тех и других и выбор станет очевиден. Но для начала отметим, что цифровые и аналоговые сервоприводы механически не отличаются друг от друга. У них те же корпуса, моторы, шестеренки и даже потенциометры. Все дело в способе управления мотором!

#### Работа аналогового сервопривода.

Сервоприводы управляют мотором с помощью импульсов напряжения, подаваемых на мотор. Напряжение при этом постоянно и равно напряжению питания приемника (4.8 - 6В). Частота импульсов стандартна - 50Гц. Чем длиннее импульс, тем быстрее вращается мотор и больший момент развивает. Точно так же работает большинство регуляторов моторов. Подобное поведение можно получит включая и выключая бытовой вентилятор. Чем реже включаем тем медленнее вращается, а чем чаще и дольше держим включение - тем быстрее.

Возвращаемся к сервоприводу. В покое на мотор не подается напряжение, а если лишь слегка отклонить стик передатчика, то на мотор пойдет короткий импульс напряжения. Чем больше перемещение стика тем шире импульс питания для мотора, и тем быстрее сервопривод двигается в нужное положение. Важно, что на малых перемещениях на мотор подаются короткие импульсы малой мощности, т.е. если стик или внешняя сила медленно сдвигает вал с места, сначала на мотор подаются слабые сигналы и чем сильнее отклоняется стик или дальше смещается вал от точки удержания, тем более мощные импульсы питания посылаются на мотор.

Как вы понимаете, короткие слабые импульсы не могут заставить мотор вращаться быстро и развивать высокий момент. В этом и состоит проблема всех аналоговых сервоприводов: они медленно и слабо реагируют на малые команды управления или когда внешняя сила сдвигает их с места. Зона низкой скорости и момента называется мертвая зона (deadband).

Впрочем, все это не так страшно пока вертолетом управляет обычный человек, но когда за дело берется гироскоп, система стабилизации или топ-пилот с реакцией мангуста, аналоговые сервоприводы становятся проблемой.

#### Работа цифрового сервопривода.

Спасение в цифровых сервоприводах! Как говорилось ранее, аналоговые и цифровые сервоприводы сделаны из одних деталей и даже трехжильный провод для управления тот же. Вся разница в том, как управляющие импульсы посылаются на мотор. Миниатюрный микроконтроллер анализирует сигнал поступающий с приемника и преобразует его в высокочастотные импульсы управления мотором. В отличии от аналоговых сервоприводов где мотор получает управляющие импульсы 50 раз в секунду, мотор цифрового сервопривода получает таких сигналов более 300 в секунду. Само собой, импульсы будут короче, но при таком их количестве сервопривод и ускоряется быстрее и создает постоянный высокий момент. Вы наверняка обращали внимание на "пение" цифровых сервоприводов под нагрузкой - это слышны короткие частые управляющие импульсы, посылаемые на мотор. В результате мы получаем сервопривод который имеет намного меньшую мертвую зону, быстрый отклик, быстрый и плавный набор скорости и отличное удержание. Все здорово, но все эти ускорения и моменты имеют один маленький недостаток - энергопотребление! Да-да, цифровые сервоприводы охотно потребляют энергию бортового аккумулятора, их достоинства надо кормить. Вы можете совершенно справедливо заметить, что при нынешнем развитии аккумуляторных технологий дополнительное энергопотребление не такая уж проблема. Это так, но убедитесь, что в случае использования встроенного в регулятор линейного BEC, его мощности достаточно для питания постоянно отрабатывающих цифровых сервоприводов! Оптимально в таких случаях использовать внешний или встроенный импульсный BEC.

И так, цифровые сервоприводы намного лучше аналоговых. Конечно, вы по-прежнему можете летать на аналоговых, но однажды попробовав цифровые, вряд ли вернетесь назад. И под конец сравнения обратим внимание еще на один момент: в спецификациях аналоговых сервоприводов зачастую указаны цифры скорости и момента выше чем у некоторых цифровых, но вы же помните что аналоговые приводы имеют меньшую скорость и момент на коротких и малых перемещениях. Красивые цифры даны для максимального отклонения стика, когда сервопривод работает на полную мощность. Даже с меньшими значениями характеристик цифровые сервоприводы все равно будут работать лучше на малых перемещениях, когда скорость и момент особенно важны.

### Подшипники качения или подшипники скольжения?

Выходной вал проходит через корпус сервопривода и в месте выхода вал поддерживается либо шарикоподшипником, либо пластиковой втулкой.



Подшипники сервоприводов.

Как и прочие вращающиеся механизмы, сервоприводы работают более плавно и точно если в них используются подшипники качения. Такие сервоприводы менее подвержены износу чем сервоприводы с втулкой, поскольку втулка неизбежно изнашивается и появляется люфт между корпусом и выходным валом. Желательно везде использовать сервоприводы с подшипниками качения, хотя они и несколько дороже.

### Скорость или момент?

В большинстве случаев предпочтительны более мощные и быстрые сервоприводы. Однако скоростные сервоприводы хороши когда пилот успевает реагировать на резкое поведение вертолета или когда высокая скорость требуется для правильной работы модели. Многие пилоты не осознают, что сервоприводы могут быть слишком быстрыми для их уровня подготовки и рефлексов и могут сделать вертолет сложным в управлении. Быстрые сервоприводы необходимы для управления хвостом вертолета, тогда как для управления циклическим и коллективным шагом требуется высокий момент, который позволяет сервоприводу держать положение и быстро возвращаться в центр, что особенно важно при выполнении 3D маневров.

### Немного о тюнинге. ;-)

Рекомендуется смазать место выхода вала из корпуса сервопривода густой смазкой, а место выхода провода герметиком, чтобы защитить начинку от попадания воды и топлива. Впрочем, это дело вкуса.

### Идеальный сервопривод.

Существует ли такой? Зависти от того, кого вы спросите и от того, где сервопривод применяется. Отличный сервопривод должен работать так быстро как вам надо, давать большой момент, хорошо держать положение и при этом быть дешевым. Похоже, такого еще не изобрели. Каждый производитель ищет баланс характеристик и рекламирует свой товар, поэтому выбирайте мудро. Во многом выбор сервопривода зависит от опыта применения и ваших личных потребностей. В конечном итоге не столь важны цифры на коробке и хорошая цена, сколько важно, что бы сервопривод делал свою работу и позволял вам летать!

## Для справки:

Часто английские и американские производители и интернет-магазины используют английские единицы измерения при указании характеристик сервоприводов. Для нас привычнее единицы СИ. Для перевода можно воспользоваться данными ниже:

Для перевода момента из унций на дюйм (oz/in) в килограммы на сантиметр (kg/cm), разделите исходное значение на 13.89.

1 унция (oz) = 28.35 грамма (g)

1 дюйм (in) = 2.54 сантиметра (cm)

При составлении статьи использовались материалы с сайтов: RCHelimag.com, www.rchelicopterfun.com, futaba.com, helidirect.com

Автор перевода Олег Муринский ака Aarc.

Статья взята с [сайта-блога](http://onheli.blogspot.com/2010/02/inside-of-servo.html) Олега Муринского.