# Основа станка: подбираем шаговый двигатель для ЧПУ

При подборе шагового двигателя для ЧПУ необходимо отталкиваться от планируемой сферы применения станка и технических характеристик. Ниже представлены критерии выбора и примеры расчетов.

## Критерии выбора

1. **Индуктивность**. Следует вычислить квадратный корень из индуктивности обмотки и умножить его на 32. Полученное значение нужно сравнить с напряжением источника питания для драйвера. Различия между этими числами не должны сильно отличаться. Если напряжение питания на 30% и более превышает полученное значение, то мотор будет греться и шуметь. Если меньше, то крутящий момент будет слишком быстро убывать со скоростью. Большая индуктивность потенциально обеспечит возможность для большего крутящего момента. Однако для этого потребуется драйвер с большим напряжением питания.
2. **График зависимости крутящего момента от скорости**. Позволяет определить, удовлетворяет ли выбранный двигатель условиям в техническом задании.
3. **Геометрические параметры**. Имеет значение длина двигателя, фланец и диаметр вала.

Совет: также следует обратить внимание на омическое сопротивление фаз, номинальный ток в фазе, момент инерции ротора, максимальный статический синхронизирующий момент.

### Тип двигателя

Важный критерий – тип двигателя. Широко распространены биполярные, униполярные и трехфазные модели. Каждая из них имеет свои особенности:

* биполярные чаще всего используют для ЧПУ благодаря простому подбору нового драйвера при выходе старого из строя, высокому удельному сопротивлению на малых оборотах;
* трехфазные отличаются большей скоростью, чем биполярные аналогичного размера. Подходят для случаев, когда требуется высокая скорость вращения;
* униполярные представляют собой несколько видов биполярных двигателей в зависимости от подключения обмоток.

Совет: еще один способ подбора двигателя – анализ готовых станков на рынке, которые близки по размерам и другим характеристикам к разрабатываемому.

## Примеры расчетов

### Определяем силы, действующие в системе

Необходимо определить силу трения в направляющих, которая зависит от используемых материалов. Для примера коэффициент трения составляет 0.2, вес детали – 300 кгс, вес стола – 100 кгс, необходимое ускорение – 2 м/с2, сила резания – 3 000 Н.

1. Чтобы рассчитать силу трения нужно умножить коэффициент трения на вес движущейся системы. Для примера: 0.2 x 9.81 (100 кгс+300 кгс). Получается 785 Н.
2. Чтобы рассчитать силу инерции надо умножить массу стола с деталью на требуемое ускорение. Для примера: 400 x 2 = 800 Н.
3. Чтобы рассчитать полную силу сопротивления надо сложить силы трения, инерции и резания. Для примера: 785 + 800 + 3 000. Получается 4 585 Н.

Справка: силу сопротивления должен развивать привод стола на гайке шариковой винтовой передачи.

### Рассчитываем мощность

Формулы, приведенные ниже, представлены без учета инерции вала самого шагового двигателя и других вращающихся механизмов. Поэтому для большей точности рекомендуется увеличить или убавить требования по ускорению на 10%.

Для расчета мощности шагового двигателя следует воспользоваться формулой F=ma, где:

* F – сила в ньютонах, необходимая для того, чтобы привести тело в движение;
* m – масса тела в кг;
* а – необходимое ускорение m/c2.

Для определения механической мощности необходимо умножить силу сопротивления движения на скорость.

Совет: существуют [калькуляторы](https://www.kennametal.com/en/resources/engineering-calculators/end-milling-calculators/force-torque-and-power.html?dv=1516431702585) для автоматического расчета мощности.

### Рассчитываем редукцию оборотов

Определяется на основании номинальных оборотов сервопривода и максимальной скорости перемещения стола. Например, скорость перемещения составляет 1 000 мм/мин, шаг винта шариковой винтовой передачи – 10 мм. Тогда скорость вращения винта ШВП должна быть (1 000 / 10) 100 оборотов в минуту.

Для расчета коэффициента редукции учесть номинальные обороты сервопривода. Например, они равны 5 000 об/мин. Тогда редукция будет равна (5 000 / 100) 50.

Зная критерии выбора и формулы расчета можно подобрать подходящую модель для станка ЧПУ. Остается только определиться с поставщиком.

## Классификация

### Советские модели

В станках часто применяют шаговые двигатели индукторного типа, изготовленные в СССР. Речь о моделях ДШИ-200-2 и ДШИ-200-3. Они обладают следующими характеристиками:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Параметр** | **ДШИ-200-2** | **ДШИ-200-3** |
| Потребляемая мощность | 11.8 Вт | 16.7 Вт |
| Погрешность обработки шага | 3% | 3% |
| Максимальный статический момент | 0.46 нт | 0.84 нт |
| Максимальная чистота приемистости | 1 000 Гц | 1 000 Гц |
| Напряжение питания | 30 В | 30 В |
| Ток питания в фазе | 1.5 А | 1.5 А |
| Единичный шаг | 1.8 град | 1.8 град |
| Масса | 0.54 кг | 0.91 кг |

При выборе следует обратить внимание на наличие индекса ОС. Это особая серия с военной приемкой. Имеет более высокое качество исполнения, чем обычные модели.

### Китайские модели

Примеры китайских шаговых двигателей для ЧПУ и их характеристики представлены ниже.

|  |  |
| --- | --- |
| **Параметр** | **Модель** |
| *JKM Nema 17 42mm Hybrid Stepper Motor* | *JK42HS48-2504* | *JK42HS40-1704* |
| Длина, мм | 48 | 40 | 34 |
| Ток питания в фазе, А | 2.5 | 1.7 | 1.33 |
| Единичный шаг (угловое перемещение), град | 1.8 | 1.8 | 1.8 |
| Масса, кг | 0.34 | 0.32 | 0.22 |

Зная критерии выбора и ориентируясь в предложениях по шаговым двигателям на рынке можно подобрать подходящую модель для станка ЧПУ.