

# Параметры тензометрического датчика силы

*В статье описываются основные параметры тензометрических датчиков силы с точки зрения их практического применения*

*Ключевые слова: пределы измерен , чувствительность датчика, нелинейность, гистерезис*

## 1. Определение параметров датчика и их рабочие условия

### Пределы измерения датчика

Измерительный диапазон датчика - это сила, которой может быть датчик нагружен. Приводится в Н (ньютон) или кН, или в единицах веса, если имеется в виду датчик, предназначенный для взвешивания. Датчики, предназначенные для измерения силы, могут быть применены и для взвешивания и наоборот, однако диапазон необходимо пересчитать по уравнению  $F (N) = 9,81 * m$  (кг). Например: мы имеем датчик с диапазоном 100 N, который мы хотим применить для взвешивания. Его диапазон для взвешивания  $100 / 9,81 = 10,19$  кг. Это значит, что этот датчик можно применять для взвешивания до 10 кг.

Для тензометрических датчиков очень важным является сведение о допустимой перегруженности датчика. Оно важно потому что, если датчик будет перегружен выше допустимой границы хотя бы и на короткий период (достаточно несколько миллисекунд), то обычно датчик будет повреждён и его невозможно отремонтировать. У стандартных датчиков допустимая граница перегрузки от 120 до 150% номинального значения, т.е. датчик с диапазоном 100 N можно загрузить макс. на 150 N. Перегрузка выше этой границы обычно приводит к окончательному повреждению.

В случаях, где датчик постоянно загружен, не рекомендуется превышать 75 % номинального диапазона. Таким случаем является, например, взвешивание на платформенных весах. Сама платформа может иметь вес, например, 50 кг, груз на ней ещё 100 кг. Общий вес, т.е.  $50 + 100 = 150$  кг должен быть макс. 75 % диапазона датчика. В этом случае необходимо применить датчик с диапазоном 200 кг.

При динамической нагрузке датчика не рекомендуется превышать 50 % номинального предела датчика.

### Направление нагрузки

подавляющее большинство тензометрических датчиков силы калиброваны только для одного направления нагрузки, либо по направлению давления или тяги. Это потому, что при переходе нулём возникают возможные ошибки (обычно до 0,1% диапазона). Однако, это повреждению датчика не угрожает, т.е. датчик давления можно применять и по направлению тяги и обратно. В случае, если не мешает меньшее увеличение ошибки, то возможно применять один датчик и для измерения по направлению давления, и одновременно по направлению тяги.

## Чувствительность датчика и напряжение питания

Чувствительность датчика приводится в единицах мВ/В (милливольт / вольт) и обычные значения от 0,5 до 3 мВ/В. Физическую чувствительность задаёт величина сигнала на выходе датчика при напряжении питания 1 В и номинальной нагрузке. Напряжение питания может быть и выше, потом будет выше и выходной сигнал. Например, при чувствительности 2 мВ/В и питательном напряжении 10 В будет выходное напряжение  $2 \text{ мВ/В} * 10 \text{ В} = 20 \text{ мВ}$  (при номинальной нагрузке!). Это значит, что чем высшее напряжение питания применено, тем это выгоднее, так как будет и выше выходное напряжение.

Однако, это имеет и свои границы. При высоком напряжении питания датчик нагревается и вследствие того возникают температурные ошибки. Поэтому надо соблюдать рекомендованную величину напряжения питания, которая приведена в техническом листе. Эта величина обычно находится в диапазоне от 2,5 до 20 В. Напряжение питания может быть одностороннее и переменное.

## Входное и выходное сопротивление

Тензометрический датчик с электрической точки зрения ведёт себя как мостик сопротивления. Входное сопротивление датчика измеряется между питательными клеммами датчика, а выходное - между выходными клеммами датчика. Теоретически оба два сопротивления должны бы быть одинаковыми, но обычно входное сопротивление бывает больше. Это происходит потому, ибо в мостике бывают включены ещё разные компенсирующие сопротивления. Обычно значение входного сопротивления 370 Ω. При питательном напряжении 10 В датчиком проходит ток  $10 / 370 = 27 \text{ мА}$ . При параллельном соединении 4-х датчиков ток будет иметь значение уже 108 мА. На значение тока надо обратить внимание при выборе электронного блока. Блок должен быть способен доставлять необходимый ток при высоком стабильном напряжении и в целом температурном диапазоне!

## Температурный диапазон

Иногда бывают приведены два или даже три температурные диапазоны: компенсированный, рабочий и для хранения. Компенсированный температурный диапазон - это такой диапазон, в котором был датчик в процессе производства испытан и в нём были выполнены измерения. В этом диапазоне гарантированы все параметры, приведённые в техническом листе. Рабочий температурный диапазон больше компенсированного и датчик в нём можно без опасений применять, даже ошибки существенно не будут расти. Разница главное в том, что в этом температурном диапазоне не был датчик во время производства испытан и поэтому производитель не гарантирует приведённые параметры. Вне рабочего температурного диапазона датчик не рекомендуется применять. Проблема не в том, что угрожало бы повреждение датчика из-за температуры. Важная проблема в том, что вне рабочего диапазона уже значительно повышаются температурные ошибки. Повреждение датчика из-за температуры может произойти при превышении допустимого диапазона при хранении.

## 2. Точность (ошибки) тензометрических датчиков силы

### Нелинейность и гистерезис

Нелинейность (ошибка линейности) - это максимальное отклонение характеристики передачи датчика от оптимальной прямой при возрастающей нагрузке. Приводится в % номинального диапазона. Определение не объясняет способ установки оптимальной прямой. Существует несколько методов её определения, однако, в практике подходит расчёт методом наименьших квадратов хотя бы из 5 точек измеренной характеристики передачи.

Нелинейность рассчитывается по отношению:

$$NL = \Delta XL / X_{ном} * 100 \%$$

Гистерезис (ошибка гистерезиса) - это максимальное отклонение между характеристиками датчика при возрастающей и понижающейся нагрузке, в отношении к номинальному диапазону. Рассчитывается по отношению:

$$H = \Delta XH / X_{ном} * 100 \%$$

Пояснение применённых выражений и обозначений находится на рис.1

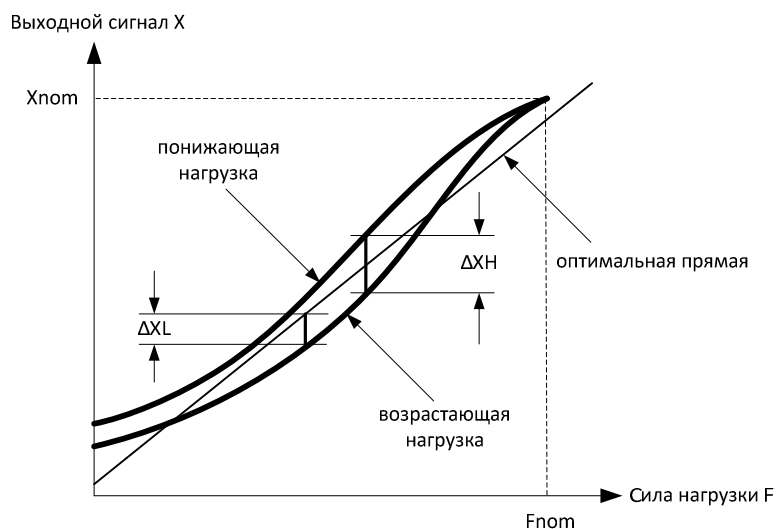


Рис. 1 Определения нелинейности и гистерезиса