

# Измерение параметров Тиля-Смолла в домашних условиях.

*Помните! Приведенная ниже методика действительна только для измерения параметров динамиков с резонансными частотами ниже 100Гц, на более высоких частотах погрешность возрастает.*

Самыми основными параметрами, по которым можно рассчитать и изготовить акустическое оформление (проще говоря - ящик) являются:

- Резонансная частота динамика **Fs** (Герц)
- Эквивалентный объем **Vas** (литров или кубических футов)
- Полная добротность **Qts**
- Сопротивление постоянному току **Re** (Ом)

Для более серьезного подхода понадобится еще знать:

- Механическую добротность **Qms**
- Электрическую добротность **Qes**
- Площадь диффузора **Sd** (м<sup>2</sup>) или его диаметр **Dia** (см)
- Чувствительность **SPL** (dB)
- Индуктивность **Le** (Генри)
- Импеданс **Z** (Ом)
- Пиковую мощность **Pe** (Ватт)
- Массу подвижной системы **Mms** (г)
- Относительную жесткость **Cms** (метров/ньютон)
- Механическое сопротивление **Rms** (кг/сек)
- Двигательную мощность **BL**

Большинство этих параметров может быть измерено или рассчитано в домашних условиях с помощью не особо сложных измерительных приборов и компьютера или калькулятора, умеющего извлекать корни и возводить в степень. Для еще более серьезного подхода к проектированию акустического оформления и учета характеристик динамиков рекомендую читать более серьезную литературу. Автор этого "труда" не претендует на особые знания в области теории, а все тут изложенное является компиляцией из различных источников - как иностранных, так и российских.

## *Измерение **Re, Fs, Fc, Qes, Qms, Qts, Qtc, Vas, Cms, Sd.***

Для проведения измерений этих параметров вам понадобится следующее оборудование:

1. Вольтметр
2. Генератор сигналов звуковой частоты
3. Частотомер
4. Мощный (не менее 5 ватт) резистор сопротивлением 1000 ом
5. Точный (+- 1%) резистор сопротивлением 10 ом
6. Провода, зажимы и прочая дребедень для соединения всего этого в единую схему.

Конечно, в этом списке возможны изменения. Например, большинство генераторов имеют собственную шкалу частоты и частотомер не является в таком случае необходимостью. Вместо генератора можно также использовать звуковую плату компьютера и соответствующее программное обеспечение, способное генерировать синусоидальные сигналы от 0 до 200Гц требуемой мощности.

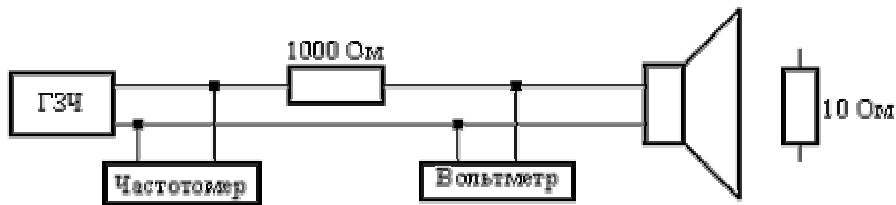


Схема для измерений

### Калибровка:

Для начала необходимо откалибровать вольтметр. Для этого вместо динамика подсоединяется сопротивление 10 Ом и подбором напряжения, выдаваемого генератором, надо добиться напряжения 0.01 вольта. Если резистор другого номинала, то напряжение должно соответствовать 1/1000 номинала сопротивления в омах. Например для калибровочного сопротивления 4 ома напряжение должно быть 0.004 вольта. **Запомните! После калибровки регулировать выходное напряжение генератора НЕЛЬЗЯ до окончания всех измерений.**

### Нахождение $R_e$

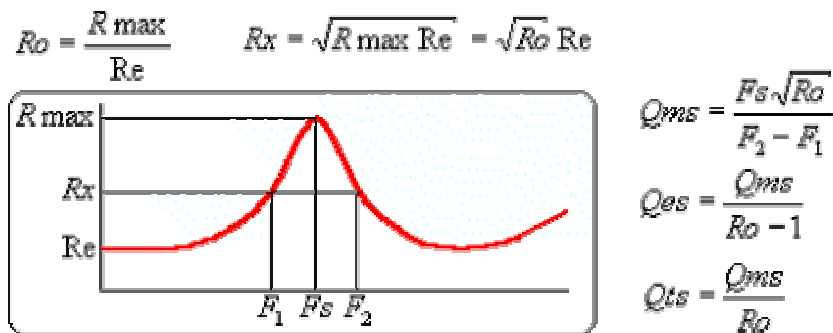
Теперь, подсоединив вместо калибровочного сопротивления динамик и выставив на генераторе частоту, близкую к 0 герц, мы можем определить его сопротивление постоянному току  $R_e$ . Им будет являться показание вольтметра, умноженное на 1000. Впрочем,  $R_e$  можно замерить и непосредственно омметром.

### Нахождение $F_s$ и $R_{max}$

Динамик при этом и всех последующих измерениях должен находиться в свободном пространстве. Резонансная частота динамика находится по пику его импеданса (Z-характеристике). Для ее нахождения плавно изменяйте частоту генератора и смотрите на показания вольтметра. Та частота, на которой напряжение на вольтметре будет максимальным (дальнейшее изменение частоты будет приводить к падению напряжения) и будет являться частотой основного резонанса для этого динамика. Для динамиков диаметром больше 16см эта частота должна лежать ниже 100Гц. Не забудьте записать не только частоту, но и показания вольтметра. Умноженные на 1000, они дадут сопротивление динамика на резонансной частоте  $R_{max}$ , необходимое для расчета других параметров.

### Нахождение $Q_{ms}$ , $Q_{es}$ и $Q_{ts}$

Эти параметры находятся по следующим формулам:



Как видно, это последовательное нахождение дополнительных параметров  $R_o$ ,  $R_x$  и измерение неизвестных нам ранее частот  $F_1$  и  $F_2$ . Это частоты, при которых сопротивление динамика равно  $R_x$ . Поскольку  $R_x$  всегда меньше  $R_{max}$ , то и частот будет две - одна несколько меньше  $F_s$ , а другая несколько больше. Вы можете проверить правильность своих измерений следующей формулой:

$$F_s = \sqrt{F_1 F_2}$$

Если расчетный результат отличается от найденного ранее больше, чем на 1 герц, то нужно повторить все сначала и более аккуратно.

Итак, мы нашли и рассчитали несколько основных параметров и можем на их основании делать некоторые выводы:

1. Если резонансная частота динамика выше 50Гц, то он имеет право претендовать на работу в лучшем случае как мидбас. О сабвуфере на таком динамике можно сразу забыть.
2. Если резонансная частота динамика выше 100Гц, то это вообще не низкочастотник. Можете использовать его для воспроизведения средних частот в трехполосных системах.
3. Если соотношение  $F_s/Q_{ts}$  у динамика составляет менее 50-ти, то этот динамик предназначен для работы исключительно в закрытых ящиках. Если больше 100 - исключительно для работы с фазоинвертором или в бандпассах. Если же значение находится в промежутке между 50 и 100, то тут нужно внимательно смотреть и на другие параметры - к какому типу акустического оформления динамик тяготеет. Лучше всего для этого использовать специальные компьютерные программы, способные смоделировать в графическом виде акустическую отдачу такого динамика в разном акустическом оформлении. Правда при этом не обойтись без других, не менее важных параметров - **Vas**, **Sd**, **Cms** и **L**.

### **Нахождение Sd**

Это так называемая эффективная излучающая поверхность диффузора. Для самых низких частот (в зоне поршневого действия) она совпадает с конструктивной и равна:

$$Sd = \pi R^2$$

Радиусом **R** в данном случае будет являться половина расстояния от середины ширины резинового подвеса одной стороны до середины резинового подвеса противоположной. Это связано с тем, что половина ширины резинового подвеса также является излучающей поверхностью. Обратите внимание что единица измерения этой площади - квадратные метры. Соответственно и радиус нужно в нее подставлять в метрах.

### **Нахождение индуктивности катушки динамика L**

Для этого нужны результаты одного из отчетов из самого первого теста. Понадобится импеданс (полное сопротивление) звуковой катушки на частоте около 1000Гц. Поскольку реактивная составляющая ( $X_L$ ) отстоит от активной **Re** на угол  $90^0$ , то можно воспользоваться теоремой Пифагора:

$$Z^2 = Re^2 + X_L^2$$

Поскольку **Z** (импеданс катушки на определенной частоте) и **Re** (сопротивление катушки по постоянному току) известны, то формула преобразуется к:

$$X_L = \sqrt{Z^2 - Re^2}$$

Найдя реактивное сопротивление  $X_L$  на частоте **F** можно рассчитать и саму индуктивность по формуле:

$$L = \frac{X_L}{2 \pi F}$$

## **Измерения Vas**

Есть несколько способов измерения эквивалентного объема, но в домашних условиях проще использовать два: метод "добавочной массы" и метод "добавочного объема". Первый из них требует из материалов несколько грузиков известного веса. Можно использовать набор грузиков от аптечных весов или воспользоваться старыми медными монетками 1,2,3 и 5 копеек, поскольку вес такой монетки в граммах соответствует номиналу. Второй метод требует наличия герметичного ящика заранее известного объема с соответствующим отверстием под динамик.

### **Нахождение Vas методом добавочной массы**

Для начала нужно равномерно нагрузить диффузор грузиками и вновь измерить его резонансную частоту, записав ее как **F's**. Она должна быть ниже, чем **Fs**. Лучше если новая резонансная частота будет меньше на 30%-50%. Масса грузиков берется приблизительно 10 граммов на каждый дюйм диаметра диффузора. Т.е. для 12" головки нужен груз массой около 120 граммов.

Затем необходимо рассчитать **Cms** на основе полученных результатов по формуле:

$$C_{ms} = \left[ 1 / (2 \pi)^2 \times M \right] \times \left[ (F_s + F'_s) \times (F_s - F'_s) / (F_s \times F'_s)^2 \right]$$

где **M** - масса добавленных грузиков в килограммах.

Исходя из полученных результатов **Vas**(м<sup>3</sup>) рассчитывается по формуле:

$$V_{as} = 1.4 \times 10^{-5} \times Sd^2 \times C_{ms}$$

### **Нахождение Vas методом добавочного объема**

Нужно герметично закрепить динамик в измерительном ящике. Лучше всего это сделать магнитом наружу, поскольку динамику все равно, с какой стороны у него объем, а вам будет проще подключать провода. Да и лишних отверстий при этом меньше. Объем ящика обозначен как **Vb**.

Затем нужно произвести измерения **Fc** (резонансной частоты динамика в закрытом ящике) и, соответственно, вычислить **Qmc**, **Qec** и **Qtc**. Методика измерения полностью аналогична описанной выше. Затем находится эквивалентный объем по формуле:

$$V_{as} = V_b \left( \frac{F_c Q_{ec}}{F_s Q_{es}} - 1 \right)$$

Практически с теми же результатами можно использовать и более простую формулу:

$$V_{as} = V_b \left( \left( \frac{F_c}{F_s} \right)^2 - 1 \right)$$

Полученных в результате всех этих измерений данных достаточно для дальнейшего расчета акустического оформления низкочастотного звена достаточно высокого класса. А вот как оно рассчитывается - это уже совсем другая история...