До 1970 года не существовало удобных и доступных, принятых в качестве стандартных для всей индустрии методов получения сравнительных данных о работе громкоговорителей. Отдельные тесты, проводимые лабораториями, были слишком дороги и трудоемки. При этом методы получения сравнительных данных о громкоговорителях были нужны как покупателям для выбора нужной модели, так и производителям аппаратуры для более точного описания своей продукции и аргументированного сравнения различных устройств.
Конструкция громкоговорителяВ начале семидесятых на конференции AES был представлен доклад, авторами которого были Невилл Тиле (Neville Thiele) и Ричард Смолл (Richard Small). Тиле был главным инженером по разработкам и развитию в Австралийской вещательной комиссии (Australian Broadcasting Commission). В то время он заведовал Федеральной инженерной лабораторией (Federal Engineering Laboratory) и занимался анализом работы аппаратуры и систем для передачи аудио- и видеосигналов. Смолл учился в аспирантуре Школы инженеров университета Сиднея.
Целью Тиле и Смолла было показать, как выведенные ими параметры помогают подобрать кабинет к конкретному громкоговорителю. Однако в результате получилось, что эти измерения дают значительно больше информации: по ним можно сделать гораздо более глубокие выводы о том, как работает громкоговоритель, чем на основе привычных данных о размере, максимальной выходной мощности или чувствительности.
Перечень параметров, получивших название «Параметры Смолла-Тиле»: Fs, Re, Le, Qms, Qes, Qts, Vas, Cms, Vd, BL, Mms, Rms, EBP, Xmax/Xmech, Sd, Zmax, рабочий диапазон воспроизводимых частот (Usable Freq. Range), номинальная мощность (Power Handling), чувствительность (Sensitivity).

Это группа параметров, введенных A.N. Thiele и позднее R.H. Small, при помощи которых можно полностью описать электрические и механические характеристики средне - и низкочастотных головок громкоговорителей, работающих вкомпрессионной области, т.е. тогда, когда в диффузоре не возникают продольные колебания и его можно уподобить поршню.

**Параметры Thiele & Small**

Fs (Гц) - частота собственного резонанса головки громкоговорителя в открытом пространстве. В этой точке ее импеданс максимален.

Fc (Гц) - частота резонанса акустической системы для закрытого корпуса.

Fb (Гц) - частота резонанса фазоинвертора.

F3 (Гц) - частота среза, на которой отдача головки снижается на 3 dB.

Vas (куб.м) - эквивалентный объем. Это возбуждаемый головкой закрытый объем воздуха, имеющий гибкость, равную гибкости Cms подвижной системы головки.

D (м) - эффективный диаметр диффузора.

Sd (кв.м) - эффективная площадь диффузора (примерно 50-60% конструктивной площади).

Xmax (м) - максимальное смещение диффузора.

Vd (куб.м) - возбуждаемый объем (произведение Sd на Xmax).

Re (Ом) - сопротивление обмотки головки постоянному току.

Rg (Ом) - выходное сопротивление усилителя с учетом влияния соединительных проводов и фильтров.

Qms (безразмерная величина) - механическая добротность головки громкоговорителя на резонансной частоте (Fs), учитывает механические потери.

Qes (безразмерная величина) - электрическая добротность головки громкоговорителя на резонансной частоте (Fs), учитывает электрические потери.

Qts (безразмерная величина) - полная добротность головки громкоговорителя на резонансной частоте (Fs), учитывает все потери.

Qmc (безразмерная величина) - механическая добротность акустической системы на резонансной частоте (Fs), учитывает механические потери.

Qec (безразмерная величина) - электрическая добротность акустической системы на резонансной частоте (Fs), учитывает электрические потери.

Qtc (безразмерная величина) - полная добротность акустической системы на резонансной частоте (Fs), учитывает все потери.

Ql (безразмерная величина) - добротность акустической системы на частоте (Fb), учитывающая потери перетекания.

Qa (безразмерная величина) - добротность акустической системы на частоте (Fb), учитывающая потери поглощения.

Qp (безразмерная величина) - добротность акустической системы на частоте (Fb), учитывающая прочие потери.

n0 ( безразмерная величина, иногда %) - относительная эффективность (К.П.Д.) системы.

Cms (м/Н) - гибкость подвижной системы головки громкоговорителя(смещение под воздействием механической нагрузки).

Mms (кГ) - эффективная масса подвижной системы (включает массу диффузора и колеблющегося вместе с ним воздуха).

Rms (кГ/с) - активное механическое сопротивление головки.

B (Тл) - индукция в зазоре.

l (м) - длина проводника звуковой катушки.

Bl (м/Н) - коэффициент магнитной индукции.

Pa - акустическая мощность.

Pe - электрическая мощность.

c=342 м/с - скорость звука в воздухе в нормальных условиях.

p=1.18 кГ/м^3 - плотность воздуха в нормальных условиях.

Le - индуктивность катушки.

BL – значение плотности магнитного потока, умноженный на длину катушке.

Spl – уровень звукового давления в дБ.

**Fs**

Данный параметр определяет резонансную частоту громкоговорителя в свободном поле (Free Air Resonance Frequency). В этом случае масса движущихся частей громкоговорителя оказывается сбалансированной с силой торможения подвеса во время работы излучателя. Эффект достижения резонансной частоты можно наблюдать в случае, когда струна начинает сама собой гудеть от порыва ветра. У громкоговорителя на резонансной частоте наблюдается подъем величины полного электрического сопротивления, и резонансная частота является той границей, ниже которой громкоговоритель не воспроизводит звук. Масса движущихся частей, жесткость подвеса и центрирующей шайбы громкоговорителя являются ключевыми факторами, влияющими на резонансную частоту. Параметр Fs очень важен при вычислении кабинета для громкоговорителя и помогает предотвратить возникновение паразитных призвуков корпуса.
Вуфер с более низким значением параметра Fs лучше подойдет для воспроизведения низких частот, чем вуфер с более высоким значением Fs. Однако это не является строгим правилом.

**Re**

Этот параметр описывает сопротивление громкоговорителя по постоянному току, измеренное с помощью омметра. Его часто называют DCR. Значение этого сопротивления почти всегда меньше номинального сопротивления громкоговорителя, что беспокоит многих покупателей, так как они боятся, что усилитель будет перегружен. Однако, благодаря тому что индуктивность громкоговорителя растет с увеличением частоты, маловероятно, что постоянное сопротивление будет влиять на нагрузку.

**Le**

Этот параметр соответствует индуктивности звуковой катушки, измеренной в мГн (миллигенри). По установленному стандарту измерение индуктивности производится на частоте 1 кГц. При повышении частоты будет происходить рост полного сопротивления выше значения Re, так как звуковая катушка работает как индуктор. В результате этого полное сопротивление (Impedance) громкоговорителя не является постоянной величиной. Оно может быть представлено в виде кривой, которая меняется с изменением частоты входного сигнала. Максимальное значение полного сопротивления (Zmax) имеет место на резонансной частоте (Fs).

**Q-параметры**

Параметры Qms, Qes и Qts представляют собой измерения, связанные с центровкой подвеса диффузора при достижении резонансной частоты (Fs). Система подвеса должна предотвратить любое боковое движение диффузора, в результате которого может произойти соприкосновение звуковой катушки и других частей громкоговорителя, а также препятствовать достижению максимальной возможной амплитуды хода диффузора (нахождение диффузора на пике амплитуды может привести к выходу его из строя). Кроме того, система подвеса должна компенсировать внешнюю вибрацию. Параметр Qms соответствует измерению влияния, оказываемого на работу системы подвеса громкоговорителя его механической частью (эластичным подвесом и центрирующей шайбой). Эту систему можно рассматривать как аналог автомобильной рессоры. Параметр Qes соответствует измерению влияния, оказываемого на работу системы подвеса громкоговорителя его электрической частью (звуковой катушкой и магнитом). Противодействующие силы механической и электрической составляющих системы подвеса обеспечивают поглощение паразитной вибрации. Параметр Qts, называемый также «Полное Q» (Total Q) громкоговорителя, равен произведению Qes и Qms, деленному на их сумму.
Как правило, значение Qts, равное 0,4 или ниже, показывает, что громкоговоритель подходит для работы в кабинете фазоинверторной конструкции. Значение Qts между 0,4 и 0,7 говорит о том, что громкоговоритель лучше подойдет для закрытых кабинетов. Если Qts выше 0,7, это означает что громкоговоритель можно использовать в открытом ящике или в кабинете типа «бесконечный экран». Однако бывают и исключения.

**Vas/Cms**

Параметр Vas говорит о том, каким должен быть объем воздуха, который при сжатии до объема в один кубический метр оказывает такое же сопротивление, что и система подвеса (эквивалентный объем). Коэффициент гибкости системы подвеса для данного громкоговорителя обозначается как Cms. Vas является одним из наиболее сложных для измерения параметров, так как давление воздуха изменяется в соответствии с влажностью и температурой и, таким образом, требует для измерения очень высокотехнологичную лабораторию. Cms измеряется в метрах на ньютон (м/Н) и представляет собой силу, с которой механическая система подвеса сопротивляется движению диффузора. Другими словами, Cms соответствует измерению жесткости механического подвеса громкоговорителя. Соотношение Cms и Q-параметров можно сравнить с выбором между повышенным комфортом и улучшенными ходовыми качествами, который делают производители автомобилей. Если рассматривать пики и минимумы аудиосигнала как неровности автомобильной дороги, то система подвеса громкоговорителя аналогична рессорам автомобиля — в идеале она должна выдерживать очень быструю езду по дороге, заваленной крупными валунами.

**Vd**

Этот параметр обозначает максимальный объем воздуха, который может быть вытолкнут диффузором (Peak Diaphragm Displacement Volume). Он вычисляется путем умножения Xmax (максимальной длины той части звуковой катушки, которая выходит за пределы магнитного зазора) на Sd (площадь рабочей поверхности диффузора). Vd измеряется в кубических сантиметрах. Субвуферы обычно характеризуются самыми высокими значениями Vd.

**BL**

Выражаемый в тесла на метр, этот параметр характеризует движущую силу громкоговорителя. Другими словами, BL дает понять, насколько большую массу может «поднять» громкоговоритель. Измеряется этот параметр следующим образом: на диффузор воздействует определенная сила, направленная внутрь громкоговорителя, и при этом измеряется сила тока, нужная для того, чтобы противодействовать приложенной силе — масса в граммах делится на силу тока в амперах. Высокое значение параметра BL говорит об очень большой силе громкоговорителя.

**Mms**

Этот параметр является объединением веса диффузора в сборе и массы воздушного потока, сдвигаемого диффузором громкоговорителя во время работы. Вес диффузора в сборе равен сумме веса самого диффузора, центрирующей шайбы и звуковой катушки. При вычислении массы воздушного потока, смещаемого диффузором, используется объем воздуха, соответствующий параметру Vd.

**Rms**

Этот параметр описывает потери на механическое сопротивление системы подвеса громкоговорителя. Он представляет собой измерение абсорбирующих качеств подвеса громкоговорителя и измеряется в Н і с/м.

**EBP**

Этот параметр равен Fs, деленному на Qes. Он используется во многих формулах, связанных с конструированием кабинетов для акустических систем, и в частности, чтобы определить, какой кабинет лучше выбрать для данного громкоговорителя — закрытый или фазионверторной конструкции. Когда значение EBP приближается к 100, это означает, что такой громкоговоритель лучше всего подойдет для работы в фазоинверторном корпусе. В случае, если EBP близок к 50, данный громкоговоритель лучше установить в закрытый корпус. Однако это правило является лишь отправной точкой при создании акустической системы и допускает исключения.

**Xmax/Xmech**

Параметр определяет максимальное линейное отклонение. Выходной сигнал громкоговорителя становится нелинейным, когда звуковая катушка начинает выходить из магнитного зазора. Хотя и система подвеса может создавать нелинейность в выходном сигнале, искажения начинают значительно увеличиваться в тот момент, когда число витков звуковой катушки в магнитном зазоре начинает уменьшаться. Для определения Xmax нужно вычислить длину части звуковой катушки, вышедшей за пределы верхнего среза магнита, и разделить ее пополам. Этот параметр используется для определения максимального звукового давления (SPL), которое может обеспечить громкоговоритель, сохраняя при этом линейность сигнала, то есть нормированное значение КНИ.
При определении Xmech проводятся измерения длины хода звуковой катушки до возникновения одной из следующих ситуаций: либо разрушается центрирующая шайба, либо звуковая катушка упирается в предохраняющую заднюю крышку, либо звуковая катушка выходит из магнитного зазора, либо начинают играть роль другие физические ограничения диффузора. Наименьшая из полученных длин хода катушки делится пополам и полученное значение принимается за максимальное механическое смещение диффузора.

**Sd**

Этот параметр соответствует площади рабочей поверхности диффузора. Измеряется в см2.

**Zmax**

Этот параметр соответствует полному сопротивлению громкоговорителя на резонансной частоте.

**Рабочий диапазон воспроизводимых частот (Usable frequency range)**

Производители используют разные способы для измерения рабочего диапазона частот. Многие методы считаются приемлемыми, однако они приводят к разным результатам. По мере повышения частоты внеосевое излучение громкоговорителя уменьшается пропорционально диаметру. В определенной точке оно становится остронаправленным. В таблице показана зависимость частоты, на которой имеет место этот эффект, от размера громкоговорителя.

**Номинальная мощность (Power handling)**

Это очень важный параметр при выборе громкоговорителя. Необходимо точно знать, что излучатель выдержит мощность подводимого к нему сигнала. Поэтому нужно подобрать такой громкоговоритель, который сможет с запасом выдержать подводимую к нему мощность. Определяющим критерием того, какую мощность будет иметь громкоговоритель, является его способность отводить тепло. Основными конструктивными особенностями, влияющими на эффективный отвод тепла, являются размер звуковой катушки, размер магнита, вентиляция конструкции, а также высокотехнологичные современные материалы, использованные в конструкции звуковой катушки. Большие размеры звуковой катушки и магнита обеспечивают более эффективное рассеивание тепла, а вентиляция обеспечивает охлаждение конструкции.
При вычислении мощности громкоговорителя помимо способности выдерживать нагрев важны также механические свойства громкоговорителя. Ведь устройство может выдерживать нагрев, возникающий при подведении мощности в 1 кВт, но еще до достижения этого значения оно выйдет из строя из-за конструктивных повреждений: звуковая катушка будет упираться в заднюю стенку или звуковая катушка выйдет из магнитного зазора, диффузор деформируется и т. д. Наиболее часто подобные поломки случаются при воспроизведении слишком мощного НЧ-сигнала на большой громкости. Чтобы избежать поломок, необходимо знать реальный диапазон воспроизводимых частот, параметр Xmech, а также номинальную мощность.

**Чувствительность (Sensitivity)**

Этот параметр является одним из важнейших во всей спецификации громкоговорителя. Он позволяет понять, насколько эффективно и с какой громкостью аппарат будет воспроизводить звук при подведении сигнала той или иной мощности. К сожалению, производители громкоговорителей используют разные методы для вычисления этого параметра — единого установленного не существует. При определении чувствительности измеряют уровень звукового давления на расстоянии одного метра при подведении к громкоговорителю мощности 1 Вт. Проблема состоит в том, что иногда расстояние в 1 м рассчитывается от пылезащитного колпачка, а иногда от подвеса громкоговорителя. Из-за этого определить чувствительность громкоговорителей бывает довольно сложно.