



БУДЬТЕ ГОТОВЫ К ВЕЛИКОЛЕПНОМУ ЗВУКУ  
EXPECT GREAT SOUND



## Серия Signature

Американские акустические системы для домашних театров класса Hi-Fi  
Обзор технологий — White Paper

[www.polkaudio.com](http://www.polkaudio.com)

## Содержание

Цели создания продуктов Polk Серии Signature	3
Технология Dynamic Balance®	4
Оптимизация конструкции динамика — анализатор искажений по Клиппелю	5
Патентованная технология Power Port®	6
Технология 1” териленовых (Terylene) твитеров высокого разрешения	7
Технология полимерных диффузоров НЧ/СЧ-динамиков со слюдяным наполнителем	8
Конструкция кроссоверов	10
Конструкция корпусов	10
Тыловые акустические системы и АС центрального канала	12
Рекомендуемые конфигурации систем	13

## Цели создания продуктов

«Серия акустических систем Signature представляет собой новый стандарт качества звука и дизайна для любых энтузиастов аудио, желающих создать домашний кинотеатр подлинно высокого разрешения или же двухканальную аудио систему, не прибегая при этом к ограблению банка».

— *Инженеры Polk Audio*

Polk Audio заработала свою высокую репутацию во всем мире благодаря созданию акустических систем с наилучшим звучанием на рынке при конкурентоспособной цене. От оригинальной колонки Monitor 7, выпущенной в 1972 году и до серии Signature сегодня, акустические системы Polk создаются для того, чтобы перенести вас в захватывающий и увлекательный домашний кинотеатр или подарить вам удовольствие от прослушивания музыки. Три новые напольные акустические системы и две новые полочные модели, вместе с соответствующими колонками центрального канала и тыловыми акустическими системами, входящие в серию Signature, вобрали в себя множество новых конструкторских и технологических достижений, которые постоянно впечатляют вас каждый раз, когда вы слушаете музыку или смотрите кинофильм.



## Технология Динамического Баланса (Dynamic Balance®) для конструирования акустических систем

Технология Динамического Баланса использует передовые методы анализа сложных электроакустических и механических систем для выбора наилучших материалов и более эффективных геометрических форм. Благодаря глубокому анализу мы получаем возможность выявлять и устранять проблемные элементы, которые снижают качество работы. Иначе говоря, мы можем создавать более реалистично звучащие акустические системы.

Наши инженеры начинают с исследования вездесущих резонансов, которые возникают в материалах динамиков и на их поверхностях, ухудшая качество звука. К ним относятся стоячие волны в диффузорах, которые порождают искажения. Именно они являются причиной искажения частотного отклика и плохого звучания в акустических системах.

Для того, чтобы увидеть всю вибрирующую поверхность материала диффузора на молекулярном уровне, инженеры Polk объединили свои усилия с учеными из университета Джона Хопкинса (Johns Hopkins University) в разработке передовой системы — полноапертурной лазерной гетеродинной интерферометрии. Она позволила впервые увидеть в реальном времени всю вибрирующую поверхность диффузора и выявить в них резонансы и стоячие волны.

Комбинируя новыми методами уникальные материалы, вместе с новой геометрией и самыми совершенными методами конструирования, они смогли практически полностью устранить эти разрушительные резонансы в диффузорах динамиков.

### Хорошее поведение диффузора — Good (Fig 1)

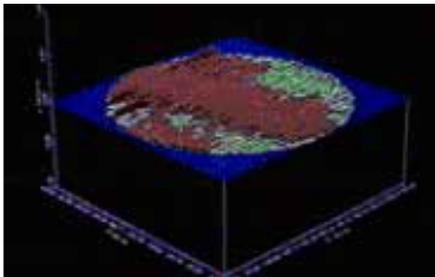
Вы видите здесь голографическое фото динамика, сконструированного с помощью Polk Dynamic Balance, в движении. Хорошо сконструированный динамик, такой как этот — с использованием технологии Dynamic Balance, ведет себя подобно тарту. (у него верхняя сторона остается плоской).

### Плохое поведение диффузора — Bad (Fig 2)

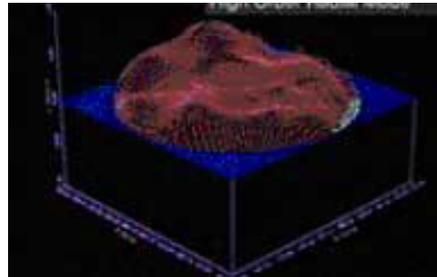
Вот пример того, что мы НЕ хотим получить. Фото, полученное с помощью лазерной интерферометрии, показывает, что в этом диффузоре на частоте первого резонанса возникают радиальные стоячие волны, что приводит к резкому ухудшению качества звука.

### Уродливое поведение диффузора — Ugly (Fig 3)

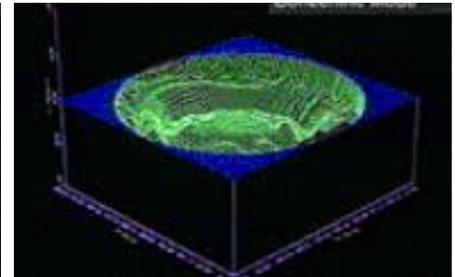
А на этом фото видны концентрические стоячие волны на частоте первого резонанса, что означает серьезные искажения звука.



1



2



3

Благодаря теории конструирования с помощью Dynamic Balance, материалы наших динамиков специально настроены так, чтобы выдавать ровную частотную характеристику без окраски звука. Подлинная прозрачность звучания сочетается с широким динамическим диапазоном, четкими деталями без какого-либо намека на напряжение. Результат применения Dynamic Balance — акустическая система с поразительно ровной характеристикой, свободной от резонансных искажений — от самых высоких частот и до самых низких.

## Оптимизация конструкции динамика — анализатор искажений по Клиппелю

Система Клиппеля — это набор современных средств измерения параметров акустических систем, который позволяет точно анализировать влияние различных крупномасштабных факторов (с большой амплитудой движения) на качество звука. Система Клиппеля предназначена для проведения исследований и разработки акустических систем, создавая для этого инновационную среду, которая ускоряет развитие электроакустических преобразователей (динамиков) и устройств аудио электроники. Система Клиппеля — это отход от старых методов измерения по двум основным направлениям. Во-первых, в ней используются входные тестовые сигналы как с высокой амплитудой (в том числе — с высокой громкостью), так и с малой амплитудой, позволяя тем самым более тщательно моделировать работу акустических систем в реальных условиях. Во-вторых, методы Клиппеля используют лазер — для того, чтобы измерять перемещение деталей динамика с целью выявления коренных причин нелинейных искажений при движении диффузора.



На рис. 4 и 5 ниже приведена зависимость силы в магнитном зазоре (пропорциональной напряженности поля BL), а также жесткости подвеса  $K_{ms}$  динамика, используемого в напольной акустической системе Signature C50, от смещения X в мм. Сила пропорциональна произведению напряженности поля BL на длину звуковой катушки в зазоре. Проще говоря, это измеренная сила, которая воздействует на диффузор громкоговорителя. Тут важна не сама величина силы, а ее линейная зависимость от движения диффузора при перемещении между крайними положениями. (Вертикальная осевая линия представляет собой нейтральное положение звуковой катушки, до того, как к ней будет приложена сила. Слева от этой точки катушка движется назад (-) а справа - вперед (+). Важно понимать, что кривая BL в теории должна быть симметричной, т.е. сила сбалансированной по обе стороны от нейтрального положения звуковой катушки (0.0 x мм). Жесткость подвеса  $K_{ms}$  (X) является мерой упругости во время перемещения, которая является функцией геометрии центрирующей шайбы и подвеса, и она должна иметь похожий — сбалансированный вид, хотя и перевернутый. Если эти оптимальные условия не выполняются, то динамик будет страдать излишним сжатием динамического диапазона, а нелинейность зависимости приводит к потере верности воспроизводимого звука оригинальному сигналу.

СИЛА В МАГНИТНОМ ЗАЗОРЕ BL(X)

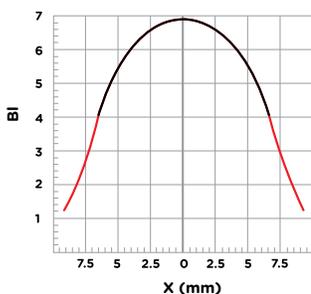


Fig 4.

ЖЕСТКОСТЬ ПОДВЕСА  $K_{ms}$  (X)

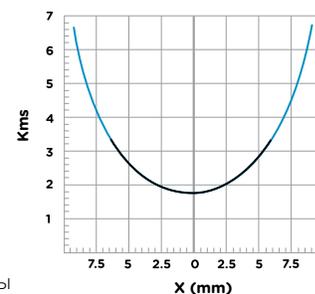


Fig 5.

На Figure 6 и 7 приведены примеры зависимостей для плохо сконструированных динамиков, что встречается не так уж редко.

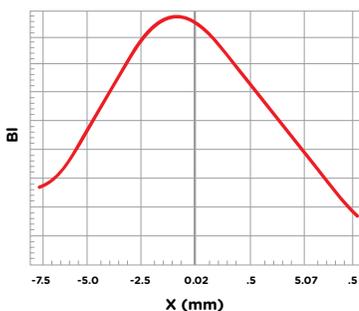


Fig 6.

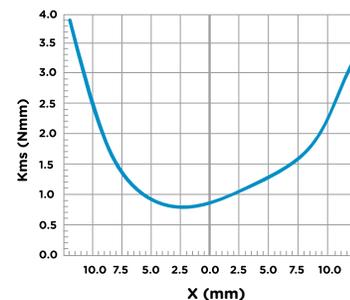


Fig 7.

## Патентованная технология Power Port® US Patents # 5517573 & 5809154

Типичная конструкция акустической системы с портом фазоинвертора (Рис.8) обеспечивает дополнительную отдачу по басам и улучшает воспроизведение низких частот. Но при движении потока воздуха возникает турбулентность на высоких уровнях громкости, в результате чего слышится нежелательная «одышка», которая размывает тонкие детали баса, ухудшает разрешение и расширение в область глубоких басов, снижает общую отдачу акустической системы. Чтобы преодолеть эти недостатки, присущие стандартной конструкции порта, инженеры Polk разработали и запатентовали инновацию под названием Power Port®.

Power Port® (Рис. 9) — это комбинация специально разработанных, тщательно просчитанных деталей в виде перевернутой воронки на выходе порта, которая направляет и замедляет воздушный поток, когда он выходит из порта — за счет придания ему ламинарного (плавного, не вихревого) характера. В нем используется оригинальная компактная конструкция — чтобы смоделировать свойства очень длинного порта с раструбом на конце, что позволяет снизить шумы от турбулентности воздуха на 3 дБ, а также получить на 50% больший уровень звукового давления (SPL) в нижней точке настройки частоты. А это означает также более эффективное использование имеющейся мощности усилителя.

Технология Power Port® позволяет акустической системе Polk выдавать более глубокие, детальные и собранные басы при повышении общей отдачи. На рисунке снизу (Fig 10.) наглядно продемонстрированы все преимущества. Типичная конструкция акустической системы с портом фазоинвертора порождает гармоники высокого порядка — 2-ю, 3-ю, 4-ю и 5-ю выше 150 Гц, что является следствием турбулентности в порте. Это воспринимается на слух как «сипение», ухудшающее детальность и разрешение на низких частотах.



Обычный порт



Воздушный поток становится турбулентным и становится заметной на слух нежелательная «одышка». Теряется до 3 дБ

Fig 8.

PowerPort™



Воздушный поток контролируется, устраняется «сипение», повышается отдача по басам на 3 дБ. Лучше качество баса и меньше искажений.

Fig 9.

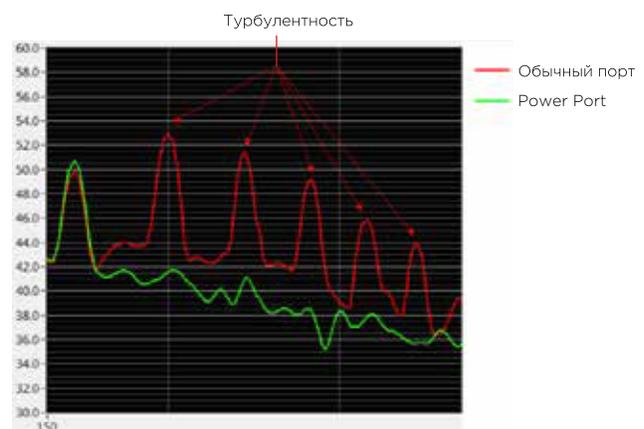


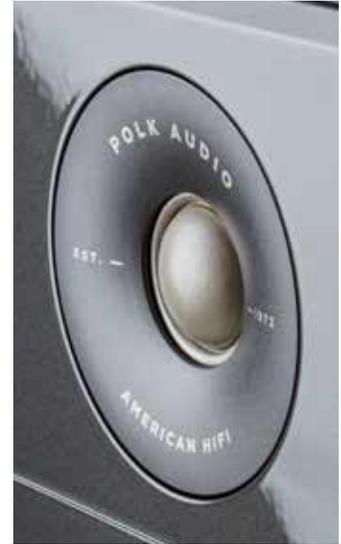
Fig 10.

## Технология 1" териленовых (Terylene) твитеров высокого разрешения

С точки зрения аудио, High Resolution (высокое разрешение) во многом похоже на HD TV с его высокой четкостью изображения, широким динамическим диапазоном (HDR) видео, что в сочетании с широкой цветовой гаммой (WCG), позволяет обеспечить более широкий спектр цветов и контрастности, чем ранее. Таким образом, вы становитесь все ближе и ближе к тому, что задумал режиссер фильма. Прослушивание аудио высокого разрешения также позволяет вам извлечь все тонкие детали и нюансы, которые вы могли бы услышать лишь находясь в студии вместе с инженером звукозаписи, когда произошло это исполнение.

Одной из ключевых задач, поставленных перед инженерами Polk, была разработка для серии Signature нового твитера, обеспечивающего воспроизведение «верхов» вплоть до 40 кГц, чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами высокого разрешения 24 бит/96 кГц. С этой целью Polk разработал новый твитер, который был оптимизирован по всем параметрам своей конструкции.

Просто добиться воспроизведения до 40 кГц для нас было недостаточно. Мы также хотели убедиться, что отклик во всем рабочем диапазоне вплоть до этой частоты ровный и даже гладкий. Многие другие конструкции твитеров, созданных для аудио высокого разрешения, обеспечивают максимальную частоту, но до нее их частотные характеристики имеют «зубчатый» характер, как показано на Figure 11.



**Ключевые факторы для достижения такого высокого уровня качества перечислены ниже и приведены на Figure 12.**

- A.** 1-дюймовый купол изготовлен из полиэтилентерефталата или терилен (Terylene), термопластичного полимера. Это плетеная структура, которая обработана и окрашена. Терилен — мягкий и легкий материал, что придает ему хорошую чувствительность и отличное внутреннее демпфирование — для подавления нежелательных резонансов (Dynamic Balance).
- B.** Криволинейная форма подвеса, чтобы резко увеличить площадь контакта с куполом для увеличения его жесткости и улучшения теплоотвода, что имеет решающее значение на частотах до 40 кГц, которые, как правило, более чем в два раза превосходят частотный диапазон нормального твитера.
- C.** Ферромагнитная, коллоидная жидкость используется для охлаждения, что делается для повышения подводимой мощности и превосходного демпфирования.
- D.** Купол согласован с лицевой панелью, которая тщательно сконструирована так, чтобы сбалансировать и улучшить дисперсию звука на высоких частотах, а также расширить диапазон, добиться бесшовного смешивания СЧ/ВЧ излучения и повысить чувствительность твитера.
- E.** Настроенная /задемпфированная тыловая камерой с поролюновым демпфером — для уменьшения интерференции тылового излучения твитера. Улучшает согласование твитера с СЧ-динамиком. Уменьшает искажения и устраняет нежелательные отражения от полюсного наконечника.

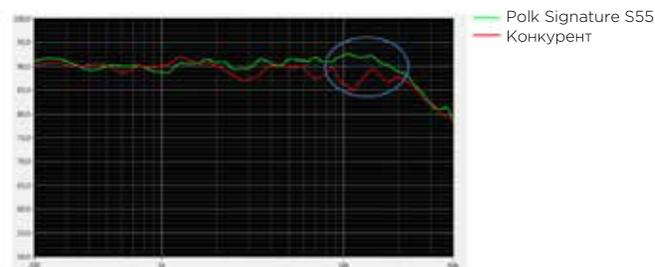


Fig 11.

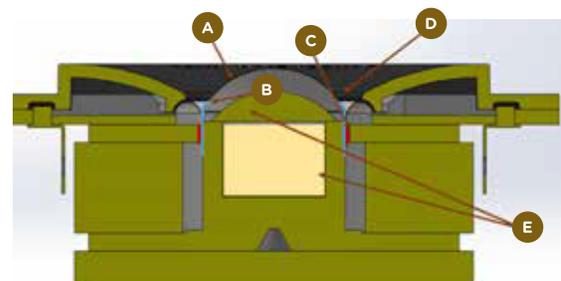
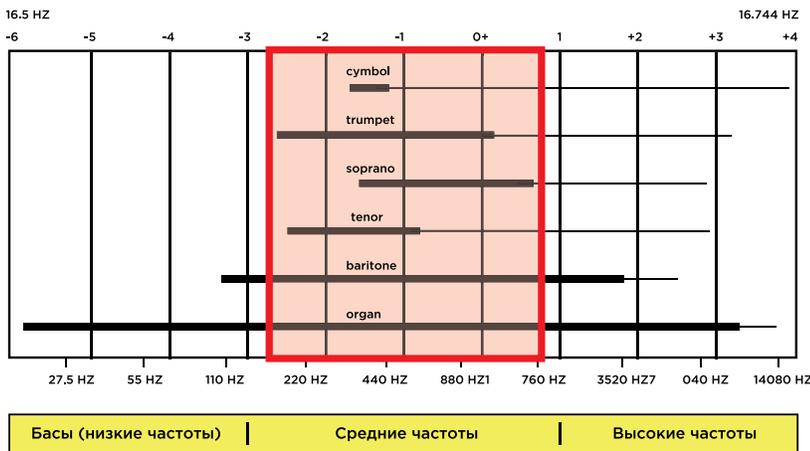


Fig 12.

## Технология полимерных диффузоров НЧ/СЧ-динамиков со слюдяным наполнителем

Сердце любой акустической системы высокого класса - это СЧ/НЧ-драйвер. Самая критически важная для точного воспроизведения музыки часть диапазона — это средние частоты (200 Гц–2 кГц). Именно на эти частоты был ориентирован Polk с момента основания компании, и мы прекрасно понимаем, что если мы не в состоянии правильно выполнить эту часть проектирования, то нет никакого инженерного смысла совершенствовать любые другие части системы в целом.

Это требует тщательной проработки всех деталей, основанной на многолетнем инженерном опыте и с использованием новейших методов, а также создания с нуля новых технологий, если это потребуется.



Ровный и гладкий частотный отклик — ключевой фактор в обеспечении высокого качества динамика. Как можно видеть на Figure 13, критически важный для восприятия среднечастотный диапазон в исполнении динамика, разработанного для серии Signature, представляет собой наглядный пример из учебника по правильному воплощению методов. Все частоты выше 2 kHz выдает 1-дюймовый твитер Signature высокого разрешения.

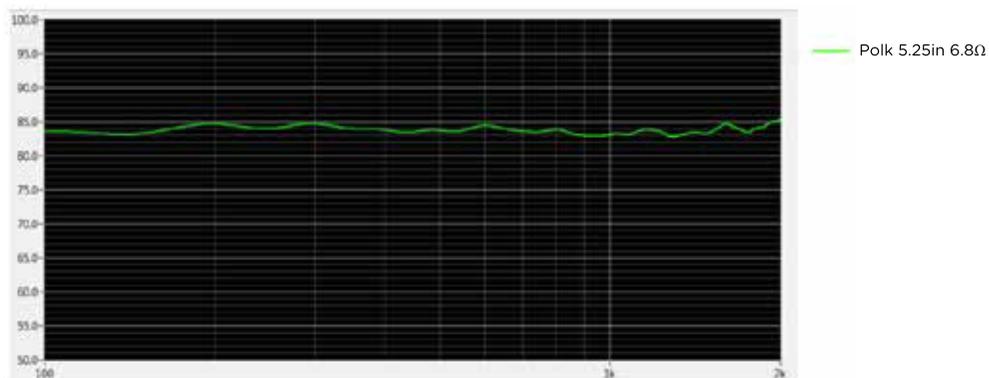


Fig 13.

**Ключевые факторы для достижения такого высокого уровня качества перечислены ниже и приведены на Figure 12.**

- A.** Оптимизированная по Клиппелю структура керамической магнитной системы.
- B.** Полимерный диффузор со слюдяным наполнителем, изготовленный методом экструзии, инвертированный пыле-защитный колпачок, сочетающий легкость, высокое внутреннее демпфирование и жесткость, необходимую для превосходной интеграции диффузора с колпачком.
- C.** Высококачественный подвес из бутилового каучука — для долговечности, надежности и превосходного демпфирования нежелательных внутренних резонансов.
- D.** Вентилируемая корзина — для стабильного поведения звуковой катушки в условиях экстремальных нагрузок и температур.
- E.** Конструкция 1-дюймовой звуковой катушки — для правильного сочетания нагрузочной способности, веса и частотного диапазона.
- F.** Звуковая катушка с бифилярной намоткой (S60), которая поддерживает нужную силу в зазоре (BL), но снижает индуктивность — чтобы получить нужный частотный отклик от двух драйверов и улучшить согласование динамиков.
- G.** Сдвоенная конструкция магнитной системы — для повышения движущей силы в зазоре (BL) и расширения динамического диапазона.

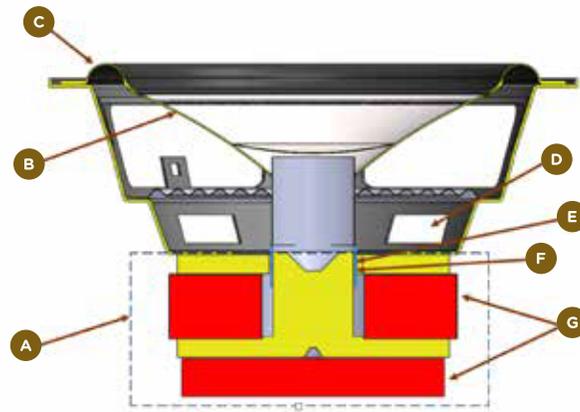


Fig 14.

## Конструкция кроссоверов

Аудио инженеры всегда были согласны, что в теории, идеальная акустическая система должна быть похожа на булавоочную головку (точечный источник), способную воспроизводить все частоты на уровне громкости нормального концерта с идеальной диаграммой направленности излучения в полусфере. К сожалению, физика сегодня не позволяет достичь этого. Поэтому, чтобы добиться правильного воспроизведения звука, нам нужны излучатели (динамики) разных размеров, звук от которых должен быть смешан в общий частотный диапазон. Эта роль достается кроссоверу, но задача беспрепятственного смешения звука от нескольких излучателей в одной акустической системе является далеко не тривиальной.

**Вот несколько ключевых элементов конструкции кроссоверов в акустических системах серии Signature, которые позволяют достичь этих целей. Они показаны на Figure 15.**

- A. Металлопленочные полиэтилентерефталатные (мейларовые) конденсаторы для уменьшения потерь на высоких частотах в сравнении с электролитическими, что дает более детальный отклик.
- B. Индуктивности с воздушным сердечником во всех ВЧ цепях до твитера. У них отсутствуют искажения из-за насыщения на высоких сигналах.
- C. Индуктивности с сердечником из ламинированных стальных пластин в цепях до НЧ/СЧ-динамиков уменьшают сопротивление по постоянному току (DCR) и обеспечивают большую мощность на низких частотах. Нет слышимых искажений из-за насыщения в рабочих пределах.
- D. Фильтр высоких частот 2-го порядка в схеме твитера для улучшения защиты и согласования со средними частотами.
- E. Задемпфированный фильтр низких частот 2-го порядка для моделей с одним НЧ/СЧ-динамиком. Улучшает сопряжение с твитером, одновременно снижая резонансы вне рабочих полос.
- F. Гибридный каскадный массив фильтров 2-го/3-го порядка для колонок с несколькими НЧ/СЧ-динамиками, как у напольных S50, S55, S60 и центральной AC S35 Center (кроме традиционного центра). Делает массив динамиков более похожим на точечный источник по дисперсии излучения, тем самым улучшая его диаграмму направленности. Узкопрофильная центральная акустическая система поделена каскадными фильтрами на 3 полосы, и оснащена внутренним, средним и внешним НЧ-драйверами, сохраняя симметричное покрытие зоны прослушивания. Традиционная центральная акустическая система не каскадирована для сохранения подобной диаграммы направленности.
- G. Печатные платы кроссоверов серии Signature (PCBA) тщательно продуманы, чтобы избежать ненужного взаимодействия между компонентами. Например, при размещении индуктивностей параллельно друг другу мы создаем электромагнитные помехи между ними. Это меняет номиналы компонентов, что, в свою очередь, не дает кроссоверу вести себя так, как предполагалось.
- H. Две пары позолоченных клемм для подсоединения би-ампингом или би-ваерингом. (Fig 16.)



Fig 15.



Fig 16.

## Конструкция корпусов

Конструкция корпуса имеет чрезвычайно важное значение для общего качества звучания акустической системы. Просто иметь превосходные динамики недостаточно, и необходимо уделить также пристальное внимание конструкции корпуса. Тонкие стенки и или плохо укрепленный ребрами жесткости корпус будет резонировать или "петь", когда воспроизводимые звуковые частоты совпадут с его собственными. В то время как для музыкальных инструментов, например, таких как гитары, это здорово, мы хотим добиться от колонок совсем другого.

Как динамики, так и корпус не должны выдавать свои собственные звуки, отличные от того аудио сигнала, который требуется воспроизвести. Они должны быть акустически инертными и только фиксировать, и правильно устанавливать излучатели — для басового отклика и правильного звукового образа. Инженеры Polk уделили самое пристальное внимание всем этим аспектам в серии Signature.

- A. Полимерный наполнитель (Poly-fill) для оптимальной настройки на нижних частотах.
- B. Защитные решетки (грили) с малой дифракцией — чтобы сохранить ровный частотный отклик и трехмерный звуковой образ (Fig 17). Обратите внимание на полное отсутствие поперечных распорок или решеток, которые создают дифракцию и неравномерность частотной характеристики, особенно на высоких частотах. Переходы от решетки к рамке гладкие и ровные для того, чтобы они не мешали друг другу.
- C. Патентованный порт фазоинвертора Polk Power Port®. Направленный вниз Power Port использует вес корпуса для подавления вибраций, вызванных ускорением воздушной массы в объеме порта. Связь с полом повышает отдачу на низких частотах за счет увеличения эффективной площади диффузора, кроме того, на басовый отклик меньше влияет расположение колонок в комнате (Fig 18).



Fig 17.

Fig 18.

- D. Корпуса выполнены из материала Meddite MDF толщиной 0.75" с шестью тщательно рассчитанными точками крепления для ребер жесткости — чтобы уменьшить вибрации стенок, добавляющих постороннюю окраску, особенно в критически важном среднечастотном диапазоне (Fig 19).
- E. Как корпус напольной акустической системы соединяется с полом, также важно. Чем прочнее связь опор с корпусом, тем меньше он будет склонен к движению в условиях высоких уровней громкости. Любое, даже незначительное смещение фронтальной панели будет «смазывать» тонкие детали на средних частотах и ухудшать разрешенные. У многих напольных колонок опоры прикреплены к нижней части корпуса с помощью клея или саморезов. В результате у них имеется только одна точка соприкосновения. Polk уделил время тому, чтобы сконструировать стабилизатор, встроенный в основание акустической системы серии Signature, имеющий контакт с ней в пяти точках. В основании из Meddite MDF толщиной 2" на станке с ЧПУ вырезано отверстие в форме стабилизатора, изготовленного экструзией из ABS пластика усиленного стекловолокном. Стабилизатор запрессовывается на место и прикручивается болтами. Результат — превосходное сцепление и, следовательно, меньше возможностей для любого движения фронтальной панели акустической системы (Fig 20).
- F. Все полочные, тыловые колонки и центральные акустические системы серии Signature оснащены также портом Power Port®. Он расположен на задней стороне корпуса и имеет проушины для монтажа на стену или отверстия с резьбой 0.25"-20 (Fig 21).

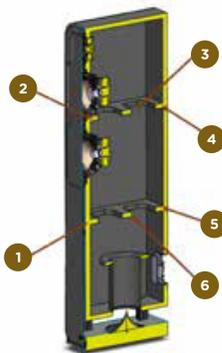


Fig 19.

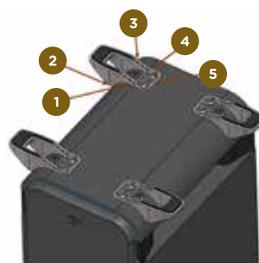
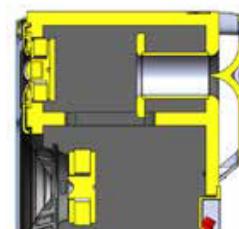


Fig 20.



PowerPort® с проушинами и отверстиями с резьбой 1/4in -20 для монтажа

Fig 21.

## Тыловые акустические системы и акустические системы центрального канала

В домашнем театре, сигнал центрального канала может составлять до 70% или более от содержания звуковой дорожки фильма и именно он является ключом к передаче впечатлений от действия на экране. Поэтому акустическая система центрального канала должна выполнять следующие две важные функции.

1. Она должна быть в состоянии поддерживать такой же уровень звукового давления как и другие каналы.
2. Она должна быть согласована по тембру звучания с остальными акустическими системами, что включает в себя как правильный тональный баланс, так и правильную полярную диаграмму направленности, как на оси и вне ее, с тем чтобы учесть различные места слушателей в среде прослушивания.

Все колонки центрального канала серии Signature и акустические системы окружающего звука используют один и тот же твитер и одинаковые динамики, и их согласование подтверждается критическим прослушиванием. Центральные каналы оптимизированы в составе всего массива АС, чтобы обеспечить правильный спектральный баланс вне оси, обеспечивая тем самым надлежащую привязку к изображению на экране, что критически важно для работы в домашнем кинотеатре. На рис. 22 представлен поперечный разрез тонкопрофильной центральной АС Signature S35, который иллюстрирует инженерную реализацию общей конструкции системы, которая позволила достигнуть нужных результатов.

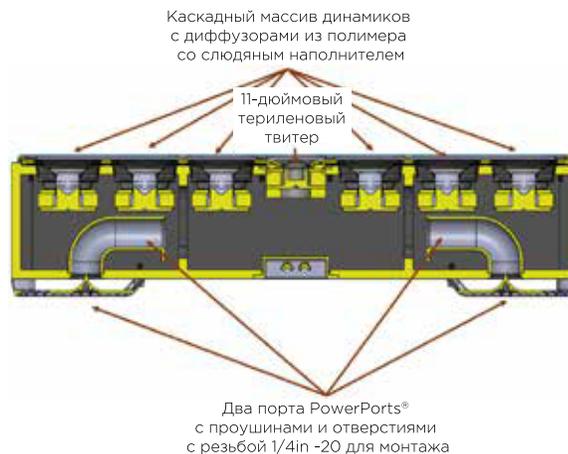


Fig 22.

Signature S10 — это специальная униполярная тыловая акустическая система окружающего звука, которая прекрасно дополняет любую комбинацию напольных акустических систем Signature и центрального канала в домашних кинотеатрах. Согласованные по тембру звучания и способные выдавать солидное звуковое давление, компактные модели S10 идеально подходит и по дизайну.

Рекомендуемые конфигурации систем домашнего театра с использованием S10

Хорошая —  
Good

S50 x 2  
S30  
S10  
PSW 108  
и/или PSW 110



Лучше —  
Better

S55 x 2  
S35  
S15  
PSW 108  
и/или PSW 110



Самая  
лучшая

S60 x 2  
S55 x 2  
S35  
PSW 125





## О компании Polk

Polk ([www.polkaudio.com](http://www.polkaudio.com)) — это увенчанный наградами производитель высококачественной аудио продукции и крупнейший аудио бренд группы Sound United. Основанная в 1972 году компания Polk является лидером в Северной Америке по доле рынка в секторе акустики класса премиум для домашнего кинотеатра, а также одним из ведущих производителей саундбаров (звуковых панелей), наушников, беспроводных колонок, мобильных и морских акустических систем и усилителей, и другой высококачественной аудио продукции. Для получения дополнительной информации о Sound United и ее брендах, посетите веб-сайт [www.soundunited.com](http://www.soundunited.com). Все товарные знаки являются собственностью их соответствующих владельцев.

