

лишний раз удостовериться в наличии достаточного зазора между задней частью корпуса телевизора и стеной для последующего подключения к этой розетке выносного БП или сетевого шнура ТВ-приставки. Провода от дополнительной розетки были припаяны после контактов кнопки включения/отключения телевизора, чтобы при включении и отключении телевизора одновременно включался и отключался блок питания ТВ-приставки. Установленная дополнительная розетка показана на **рис. 3**. В случае излишней яркости свечения индикаторных светодиодов телевизора и приставки, нежелания повторного вскрытия корпусов аппаратуры и подборки



Рис. 3

токоограничивающих резисторов, можно ограничить яркость свечения этих светодиодов двумя узкими полосками чёрной непрозрачной липкой ленты, наклеенными на область излучения светодиода снаружи корпуса аппарата, оставив щель между ними.

Следует отметить, что при таком способе подключения дополнительной сетевой розетки до окончательной сборки корпуса телевизора желательно измерить с помощью амперметра общий потребляемый телевизором и ТВ-приставкой ток, и в случае необходимости надо заменить плавкую вставку в телевизоре на другую, рассчитанную на больший ток.

К вопросу об использовании звукопоглощающих материалов в акустических системах

Р. УЗЯКОВ, г. Оренбург

В среде радиолюбителей по вопросу об использовании звукопоглощающих материалов в акустических системах (АС) имеются два противоположных мнения:

- звукопоглощающие материалы улучшают звучание АС;
- звукопоглощающие материалы ухудшают звучание АС.

Анализ этих мнений выявил интересные закономерности — все они основаны или только на самостоятельном прослушивании, или на мнениях авторитетных авторов. Результатов экспериментальных замеров не так уж и много. Часто просто ссылаются на измерение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ), но мало кто приводит графики, а тем более методики измерений.

Все корпуса АС представляют собой объёмные резонаторы (будь то открытый ящик (ОЯ), фазоинвертор (ФИ), закрытый ящик (ЗЯ) или лабиринт), у которых имеются собственные резонансы. Они определяются стоячими волнами, возникающими внутри корпуса между параллельными поверхностями, что существенно влияет на АЧХ, как правило, не лучшим образом.

Для корпусов прямоугольной формы резонансные частоты внутреннего воздушного объёма определяются формулой

$$f_{i,k,t} = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left(\frac{i}{l_1}\right)^2 + \left(\frac{k}{l_2}\right)^2 + \left(\frac{t}{l_3}\right)^2}$$

где $c_0 = 343$ м/с — скорость звука при комнатной температуре;

i, k, t — номер моды;
 l_1, l_2, l_3 — внутренние размеры стенок в метрах [1].

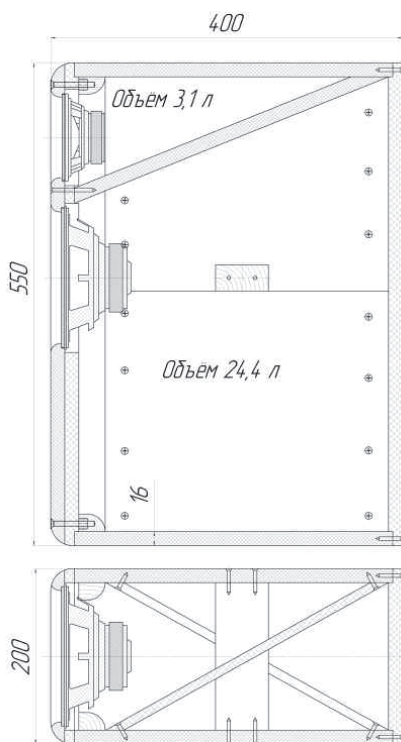


Рис. 1

Результаты расчёта для корпуса, изображённого на **рис. 1**, представлены в **таблице**. Внутренние размеры корпуса: l_1 — не используется, так как стенки непараллельные; $l_2 = 0,352$ м, $l_3 = 0,168$ м.

| Номер моды i, k, t | 010 | 001 | 011 |
|-------------------------|-----|------|------|
| Резонансная частота, Гц | 487 | 1021 | 1131 |

С целью уменьшения влияния на АЧХ АС внутренних резонансов предполагалось использовать:

— диагональные перегородки, которые препятствовали бы образованию стоячих волн между передней и задней, а также между боковыми стенками. Причём верхняя перегородка была двух типов: короткая — до распорки, длинная — до нижней перегородки. Кроме этого, перегородки использовались сплошные и с отверстиями диаметром 2 см. Коэффициент перфорации панелей составил 30 %, т. е. после перфорации панели были практически акустически прозрачными;

— заполнение внутреннего объёма звукопоглощающим материалом — синтепоном.

Измерения проводились с помощью программы REW, внешней звуковой карты Behringer U-Phoria UM2, УМЗЧ на микросхеме TDA7294 и измерительного микрофона Behringer ECM 8000. Основные замеры производились с использованием низкочастотной динамической

головки Visaton WS 17 E/4, установленной в корпус из МДФ толщиной 16 мм (рис. 1). Измерения проводились при уровне звукового давления (SPL) 75 дБ, некоторые графики были получены при более высоком уровне (1 Вт подводимой к динамике мощности). Дополнительно, с целью проверки полученных результатов, были проведены измерения с автомобильным мид-басовым динамиком Machete LW-65A4, установленным в аналогичный по конструкции

корпус, но с другими размерами, и выполненным из ДСП.

Замеры производились в ближнем поле (БП). Согласно [2], чтобы измерения были корректными, микрофон следует располагать как можно ближе к центру диафрагмы. Расстояние до микрофона — $0,11r$ (r — диаметр головки), превышающее эффективный радиус диафрагмы, приводит к погрешностям измерения менее 1 дБ. Ближнее поле для НЧ динамической го-

ловки Visaton WS 17 E/4 $L = 0,11r = 0,11 \times 75 \text{ мм} = 8,25 \text{ мм}$. Принято для проведения измерений $L = 7 \text{ мм}$.

Измерение ближнего поля проводится с помощью микрофона, расположенного очень близко к динамической головке, и справедливо на частотах менее $f = c_0/\pi M$, где M — максимальный размер корпуса [3]. В нашем случае, если принять $M = 0,55 \text{ м}$, то $f_{\text{макс}} = 198 \text{ Гц}$, а если $M = 0,2 \text{ м}$, тогда $f_{\text{макс}} = 546 \text{ Гц}$. Имеются различные мнения, какой размер передней панели АС принимать за M .

Значения при частоте, большей $f_{\text{макс}}$, для построения АЧХ АС не используются, но несут определённую объективную информацию, полезную для сравнительного анализа.

Были произведены замеры SPL в ближнем поле, графики которых показаны на рис. 2 (здесь и далее графики специально раздвинуты для наглядности):

— без диагональных перегородок и без звукопоглощающего материала (график зелёного цвета);

— с диагональными перегородками малого размера и без звукопоглощающего материала (график красного цвета);

— с диагональными перегородками большого размера и без звукопоглощающего материала (график сиреневого цвета);

— с диагональными перегородками большого размера с отверстиями и со звукопоглощающим материалом (график фиолетового цвета);

— без диагональных перегородок и со звукопоглощающим материалом (график жёлтого цвета);

— с перфорированными диагональными перегородками и без звукопоглощающего материала (график чёрного цвета).

Для сравнительного анализа совмещённые графики не очень удобны, поэтому рассмотрим кривые SPL парами. На рис. 3 представлены графики влияния звукопоглощающего материала. Без диагональных перегородок и звукопоглощающего материала — зелёная кривая, со звукопоглощающим материалом — жёлтая кривая.

Анализ этих кривых однозначно показывает, что заполнение корпуса звукопоглощающим материалом положительно сказывается на равномерности АЧХ АС. При отсутствии звукопоглощающего материала имеются скачки (провалы и подъёмы) на частотах 488 Гц, 615 Гц, 870 Гц и 953 Гц. Первый скачок однозначно соответствует моде 010, для которой резонансная частота 487 Гц (стоячая волна между передней и задней стенками). Последний скачок присутствует в обоих случаях и связан с переходом работы динамической головки из поршневого в зональный режим. Выход из поршневого режима хорошо заметен по небольшому увеличению импеданса на частоте 964 Гц (рис. 4). Остальные скачки не идентифицировались.

На рис. 5 представлены графики измерений SPL в ближнем поле без звукопоглощающего материала с диагональными перегородками малого размера (кривая красного цвета) и большого размера (кривая сиреневого цвета).

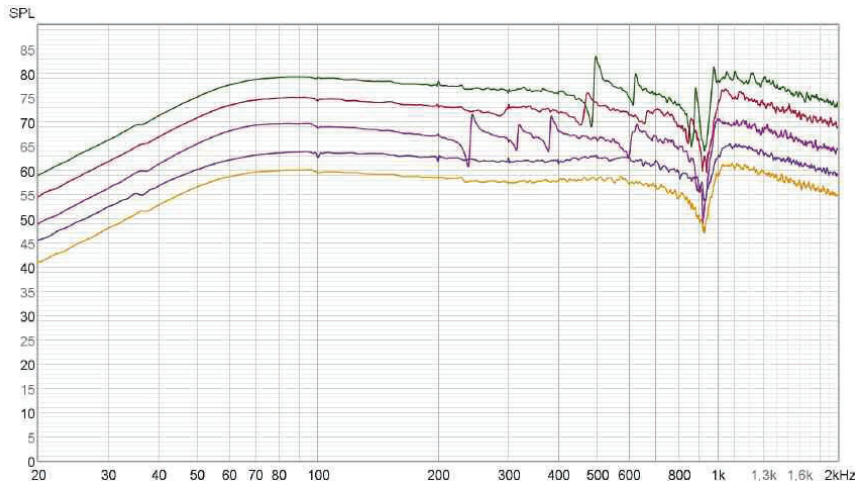


Рис. 2

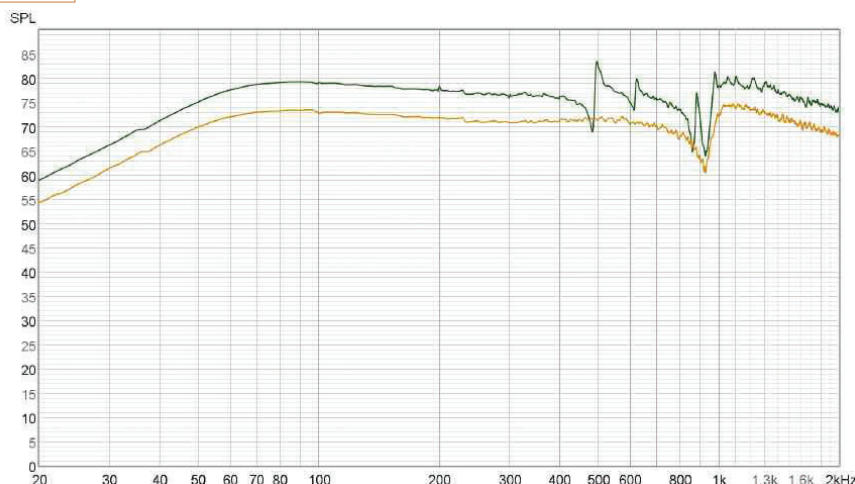


Рис. 3

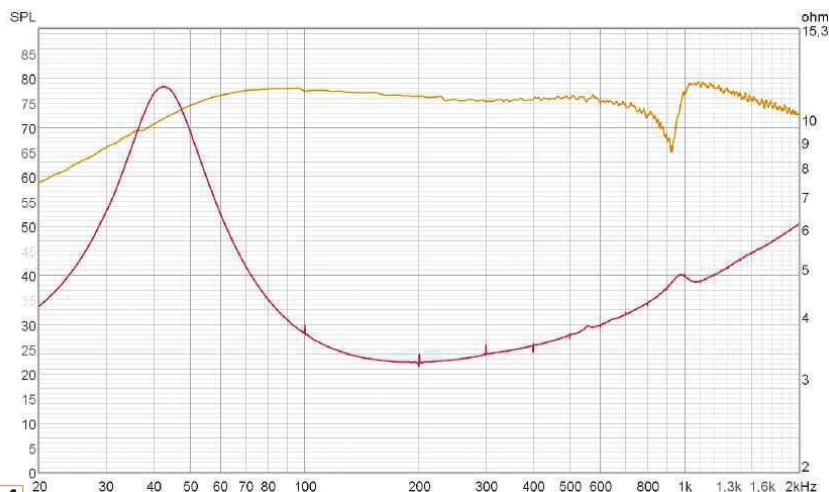


Рис. 4

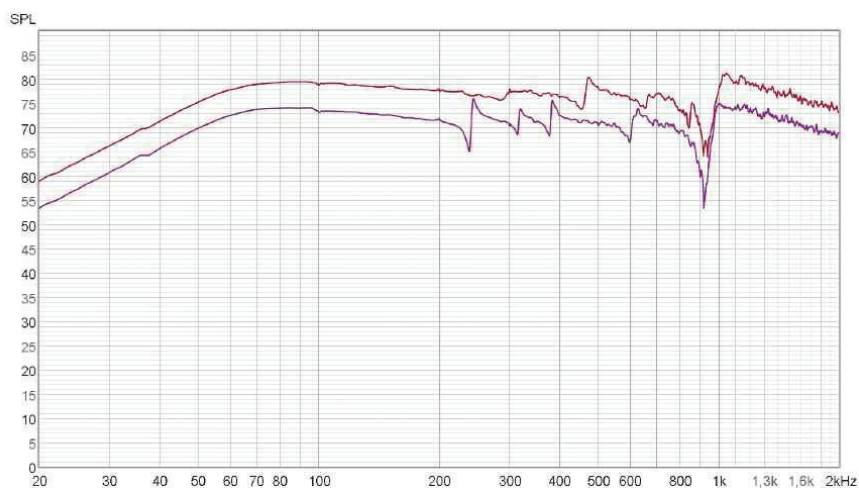


Рис. 5

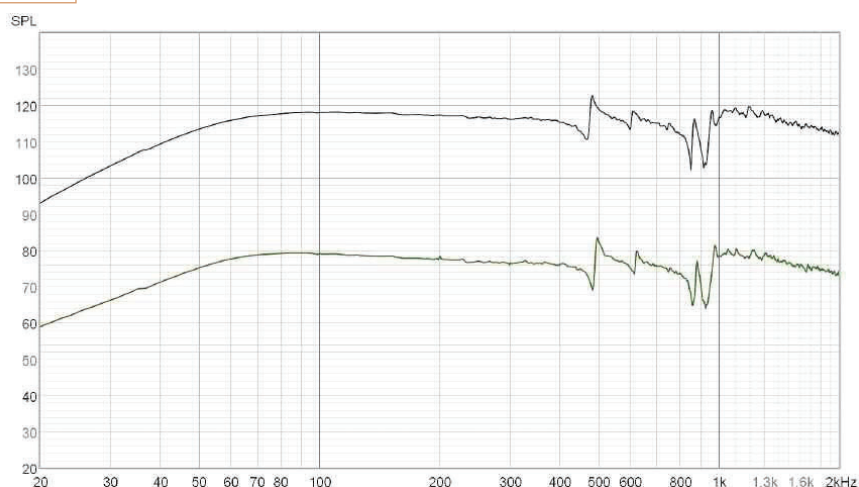


Рис. 6

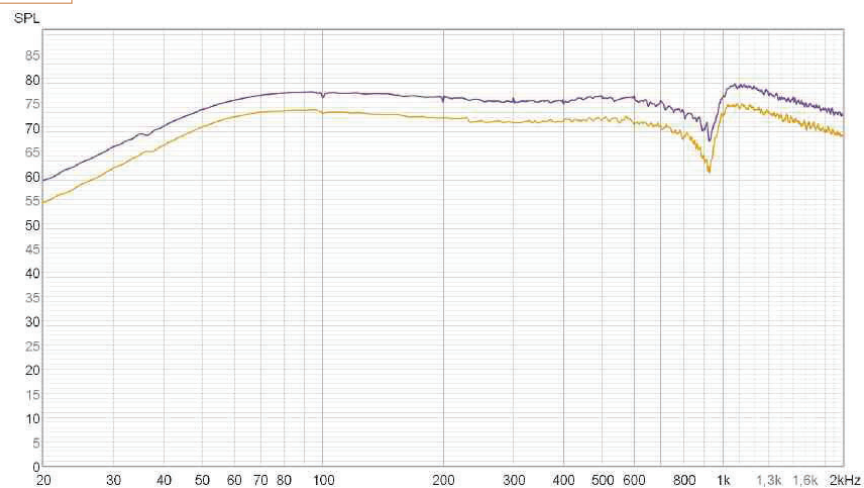


Рис. 7

Анализ этих кривых однозначно показывает неэффективность и вредность использования сплошных диагональных перегородок.

На рис. 6 представлены графики результатов измерений без звукопоглощающего материала с перфорированными диагональными перегородками (кривая чёрного цвета) и без диагональных перегородок (кривая зелёного цвета). Видно, что применение перфорированных перегородок не эффективно.

На рис. 7 представлены графики измерений со звукопоглощающим материалом и диагональными перегородками большого размера с отверстиями (кривая фиолетового цвета) и без диагональных перегородок (кривая жёлтого цвета). Анализ этих кривых показывает неэффективность перфорированных диагональных перегородок, даже с нанесённым на них звукопоглощающим материалом (на все внутренние стенки также нанесён звукопоглощающий материал).

На рис. 8 представлены графики измерений автомобильного мид-басового динамика Machete LW-65A4, установленного в корпус, аналогичный изображённому на рис. 1, но с другими размерами, и выполненный из ДСП. В корпусе без звукопоглощающего материала — кривая зелёного цвета, со звукопоглощающим материалом — кривая жёлтого цвета. Эти результаты подтверждают вывод о том, что заполнение корпуса звукопоглощающим материалом положительно сказывается на равномерности АЧХ АС. Скачок на частоте 549 Гц соответствует моде 010, для которой резонансная частота 536 Гц (стоячая волна между передней и задней стенками). Последний скачок присутствует в обоих случаях и связан с переходом динамической головки из поршневого в зональный режим.

Особое внимание радиолюбителей хочу обратить на использование режима сглаживания графиков SPL, который они иногда изначально устанавливают в компьютерных программах. На рис. 9 представлен один и тот же график измерения SPL в ближнем поле с диагональными перегородками, красной кривой — со сглаживанием, а чёрной кривой без него, как и все, представленные в статье. Сглаженный график — довольно ровный и не даёт никакой информации о резонансных явлениях в корпусе АС.

На рис. 10 представлены графики измерений SPL без диагональных перегородок и без звукопоглощающего материала, в ближнем поле — зелёная кривая, в дальнем поле с временным окном 5 мс — красная кривая. Эти результаты показывают, что измерения SPL в дальнем поле с временным окном не позволяет выявить резонансные явления в корпусе АС.

И в заключение рассмотрим мнения классиков акустики по вопросу об использовании звукопоглощающих материалов в АС.

Эфрусси М. М. [4] пишет о закрытых ящиках: "Для устранения дополнительных резонансов, создаваемых воздушным объёмом ящика и отражениями, внутренние поверхности ящика покрывают звукопоглощающим материалом". О фазоинверторах: "Если внутренняя поверхность ящика фазоинвертора не покрыта звукопоглощающим материалом, то внутри него на средних частотах может возникнуть интерференция звуковых волн, несколько ухудшающая равномерность частотной характеристики громкоговорителя. Поэтому внутреннюю поверхность фазоинвертора частично покрывают звукопоглощающим материалом (заднюю сторону и одну из боковых сторон)". Об акустическом лабиринте: "Для устранения влияния частотных резонансов трубы её стенки должны быть покрыты звукопоглощающим материалом".

Он также отмечает: "Звукопоглощающее покрытие наносят на большую часть внутренней поверхности закрытого ящика или фазоинвертора". "Диффузорные среднечастотная или высокочастотная головки должны быть сзади закрыты кожухом... Свободное пространство внутри кожу-

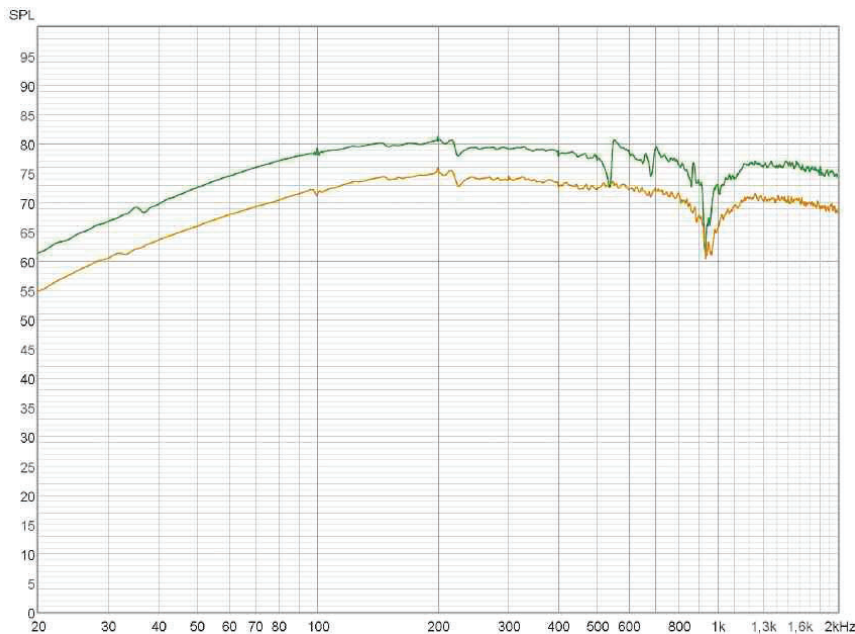


Рис. 8

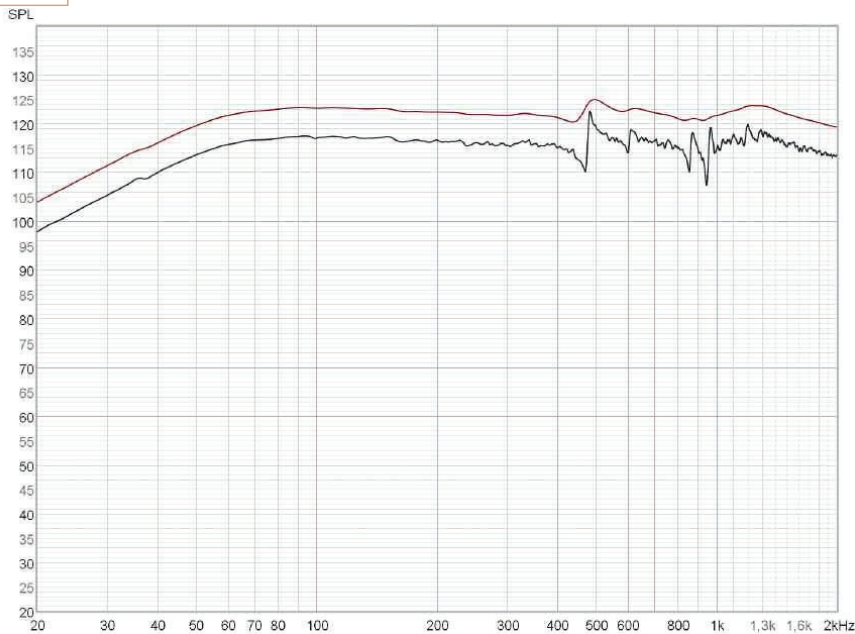


Рис. 9

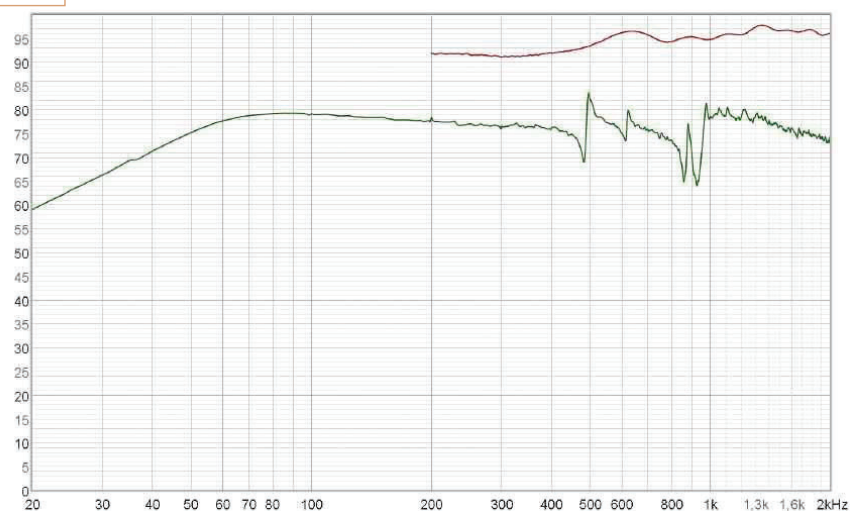


Рис. 10

ха следует заполнить ватой или другими пористыми или волокнистыми материалами".

Алдошина И. А. и Войшвилло А. Г. [1] обращают внимание: "Необходимо отметить, что хотя на возбуждение стенок резонансы воздушного объема влияют только в области достаточно низких частот, их влияние на форму АЧХ и тембральную окраску звучания может сказаться в достаточно широкой частотной области за счёт воздействия на колебания диафрагмы громкоговорителя. На АЧХ они проявляются в виде узких пиков-провалов, а на переходных характеристиках — в виде "задержанных" резонансов".

Для демпфирования внутренних акустических резонансов применяют различные методы звукопоглощения. Однако чрезмерное заполнение корпуса звукопоглощающим материалом может привести к значительному снижению уровня звукового давления в области низких частот и излишней сухости басов. Рекомендуемая плотность заполнения составляет $8...11 \text{ кг/м}^3$ ($8...11 \text{ г/л}$). О влиянии звукопоглощающего материала на НЧ можно посмотреть в [1] на с. 115.

Иофе В. К. и Лизунков М. В. в своей книге [5] освещают этот вопрос более подробно: "Отметим также, что если головка помещена в закрытом ящике, ухудшается равномерность частотной характеристики в области средних и высоких частот из-за резонансных явлений в оформлении. Для их устранения внутренние поверхности (особенно заднюю стенку) покрывают звукопоглощающим материалом и заполняют им часть объема. Кроме того, заполнением внутреннего объема рыхлым звукопоглощающим материалом преследуют и другую цель — изменить термодинамический процесс сжатия—расширения воздуха в оформлении.

Без заполнения процесс сжатия—растяжения воздуха внутри оформления адиабатический. Заполняя оформление рыхлым звукопоглощающим материалом, можно сделать так, чтобы адиабатический процесс сменился на изотермический. В этом случае внутренний объем оформления как бы увеличивается в 1,4 раза, так как коэффициент γ (в уравнении 34), составляющий 1,4 для адиабаты, заменится значением, равным единице для изотермы. Соответственно снижается и резонансная частота закрытой АС (максимум в $\sqrt{1,4}$ раза)".

Исследования авторов показали, что заполнять внутренний объем оформления более чем на 60 % нецелесообразно. Вместе с тем, количество рыхлого звукопоглощающего материала не должно быть чрезмерным, чтобы активные акустические потери в оформлении и заполнении не были значительны.

Вот здесь самое главное — простое заполнение корпуса АС звукопоглощающим материалом без учёта акустических потерь может приводить к ухудшению звучания АС. Рекомендации по определению акустических потерь приведены в [5].

Выводы

1. Измерение SPL в ближнем поле, в диапазоне частот от $f_{\text{макс}}$ до частоты перехода работы динамической головки в зональный режим работы, несёт объективную информацию о резонансных явлениях в корпусе АС, полезную для сравнительного анализа.

2. Грамотное использование звукопоглощающих материалов в АС улучшает их АЧХ, особенно тембральную окраску звучания.

3. Для ЗЯ звукопоглощающим материалом покрывают все внутренние стенки. Для ФИ звукопоглощающим материалом внутренние стенки покрывают частично: заднюю стенку, одну

боковую и одну горизонтальную, внутреннюю поверхность лабиринта покрывают небольшим слоем звукопоглощающего материала.

4. Простое заполнение корпуса АС звукопоглощающим материалом, пока не перестанет снижаться резонансная частота, без учёта акустических потерь, может приводить к ухудшению звучания АС, снижению уровня звукового давления в области низких частот и излишней сухости басов.

5. Инструментальное исследование свойств АС объективно, но только если не допущены ошибки, а индивидуальное прослушивание (не путать с экспертным прослушиванием) несёт мало объективной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алдошина И. А., Войшвилло А. Г.** Высокочастотные акустические системы и излучатели. — М.: Радио и связь, 1985, 168 с., ил.

2. Measuring Loudspeaker Low-Frequency Response. By Joe D'Appolito. — URL: <https://clck.ru/34Wn3E> (25.05.23).

3. **Joe Begin.** Working In Tandem: Combining Near And Far Field Measurements. — URL: <https://www.prosoundweb.com/working-in-tandem-combining-near-and-far-field-measurements/> (25.05.23).

4. **Эфруси М. М.** Громкоговорители и их применение. — М.: Энергия, 1971.

5. **Иофе В. К., Лизунков М. В.** Бытовые акустические системы. — М.: Радиосвязь, 1984, 96 с., ил.

Маломощный повышающий DC-DC-преобразователь без дросселей

А. КОРНЕВ, г. Одесса, Украина

На рис. 1 приведена схема маломощного повышающего DC-DC-преобразователя с выходными напряжениями ± 5 В и +10 В. Обычно напряжение ± 5 В применяют для питания аналого-

вых узлов с операционными усилителями, а напряжение +10 В — для питания различных встраиваемых цифровых приборов с ЖКИ, например мультиметра. На сегодняшний день со-

временная элементная база маломощная, даже микромощная, поэтому такой источник питания можно применять в различных устройствах с батарейным питанием.

В основе преобразователя применена микросхема CAT3200-5 (DA2) — повышающий преобразователь с переключаемыми конденсаторами, обеспечивающий выходное напряжение +5 В с низким уровнем шума. Преобразователь работает на частоте 2 МГц, что позволяет использовать небольшие керамические конденсаторы ёмкостью 1 мкФ. Максимальный выходной ток до 100 мА может поддерживаться в широком интервале входного напряжения питания от 2,7 В до 4,5 В, что делает устройство идеальным для устройств с батарейным питанием. Вход управления отключением преобразователя позволяет переводить устройство в режим пониженного энергопотребления, снижая потребляемый ток до уровня менее 1 мкА. В случае замыкания нагрузки или перегрузки устройство защищено по току и тепловой перегрузке. Кроме того, в микросхеме предусмотрен плавный пуск — узел управления скоростью нарастания выходного напряжения, что позволяет ограничить пусковой ток при включении питания.

Напряжением -5 В формирует инвертор напряжения LM828 (DA3), а напряжение +10 В — узел на переключаемых конденсаторах C2, C4 и диодной сборке VD1. Супервизор CAT8801STB-GT3 (DA1) отключает преобразователь при разрядке аккумулятора до 2,89...2,96 В.

Кроме преобразователя CAT3200-5 с фиксированным выходным напряжением +5 В, выпускается также микросхема CAT3200 с возможностью регулировки выходного напряжения от 2,5 до 5 В обычным резистивным делителем. Пример схемы преобразователя с переключаемым выходным напряжением показан на рис. 2. Выходное напряжение рассчитывают по формуле

$$U_{\text{вых}} = 1,27(1 + r1/r2),$$

где $r1$ ($R6$) = 200 кОм, $r2$ ($R1-R5$) = 68,1...200 кОм.

Резисторы в преобразователе на рис. 2 должны иметь допуск по номиналу $\pm 1\%$. Оксидные конденсаторы — танталовые, остальные — керамические.

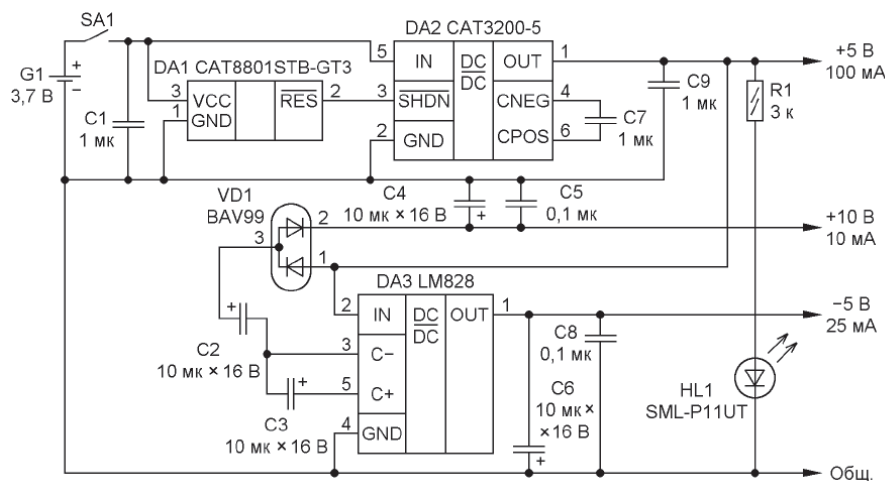


Рис. 1

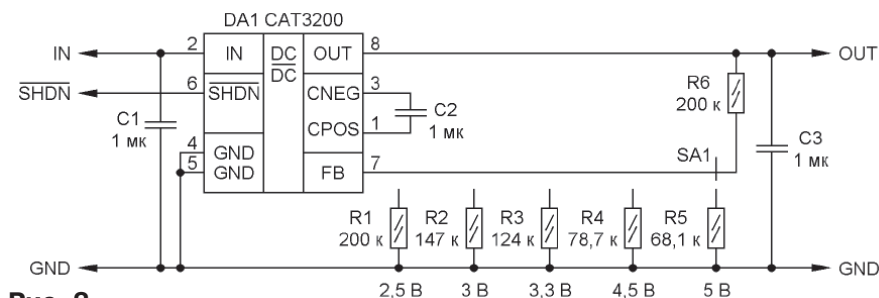


Рис. 2