

## ВАРИАНТЫ ДОРАБОТОК АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 10МАС-1М

С. Зотов

Система 10МАС-1М – одна из первых малогабаритных систем. Она пришла на смену больших акустических колонок от стереорадиолы «Симфония». В свое время 10МАС-1 и 10МАС-1М сыграли определенную роль в развитии отечественной бытовой акустики. Эти колонки имеют следующие параметры: номинальная мощность – 10 Вт, чувствительность – 87 db, диапазон частот – 60...18000 Гц, полное сопротивление – 8  $\Omega$ , объем ящика – 18 л, габариты 428x270x230 мм. Система двухполосная, содержит низкочастотный динамик 10ГД-30Е и высокочастотный динамик 3ГД-31 (обозначения по старому ГОСТу). В качестве звукопоглощающего материала применен так называемый «ватный валик». Дизайн колонок соответствует времени, в которое были разработаны данные системы (начало 70-х годов прошлого века) – это своего рода стиль «ретро»: полированный ящик, лицевая панель закрыта радиотканью серого цвета.

Система 10МАС-1М, в силу ряда обстоятельств, имеет некоторые недостатки: невысокое качество звучания в области высоких частот, средние частоты оставляют желать лучшего, да и низких частот недостаточно. По этой причине многие радиолюбители самостоятельно модернизировали эту АС, о чем в журнале «Радио» неоднократно появлялись соответствующие статьи. Все эти доработки можно условно разделить на две группы, первая – это модернизации низкочастотного звена с целью улучшить качество воспроизведения басов и вторая – усовершенствование разделительных фильтров и высокочастотного звена.

Так, например, была обзорная статья о вариантах модернизации этой системы, где О. Колесник рекомендует применить фазоинвертор с частотой настройки 40 Гц, а В. Алексеев и А. Житенев предлагают изменить схему разделительных фильтров [1]. Также в другой статье целая группа авторов предлагают заменить штатную пищалку 3ГД-31 на широкополосную головку 2ГД-40, понизив при этом частоту раздела фильтров до 500 Гц и применив панель акустического сопротивления (ПАС) – очень интересный вариант доработки, существенно улучшающий качество звучания средних частот [2].

Акустическое оформление системы 10МАС-1М – «Закрытый Ящик», поэтому чтобы поднять уровень звукового давления на низких частотах первое, что приходит в голову – это установить фазоинвертор. В принципе, достаточно легко проверить: как именно повлияет ФИ на АЧХ громкоговорителя для случая системы 10МАС-1М. Для анализа амплитудно-частотных характеристик системы до переделки и после нее воспользуемся расчетной методикой, изложенной в книге Э. Виноградовой [3].

Для начала разберем колонку и экспериментально определим параметры низкочастотного динамика 10ГД-30Е. Были измерены ТС-параметры у большой группы таких динамиков и, конечно же, в результате получился определенный и, к сожалению, достаточно большой разброс параметров. Тем не менее, можно выделить некие среднестатистические параметры динамиков. Итак, «средние» параметры примерно такие: резонансная частота  $f_s=32$  Гц, эквивалентный объем  $V_{as}=48$  л, полная добротность  $Q_t=0,41$ . В дальнейшем при расчетах будем ориентироваться именно на эти ТС-параметры, для анализа АЧХ некоего осредненного варианта полученных данных достаточно.

Кстати, позднее этот динамик (10ГД-30Е, с керновым кобальтовым магнитом) был снят с производства и заменен на аналогичный динамик 10ГД-30Б с кольцевым феррит-бариевым магнитом, который по новому ГОСТу обозначается как 20ГДН-1-8. Можно также сказать, что в самых первых моделях этой системы (10МАС-1) применялся низкочастотный динамик 10ГД-30 (без буквы).

**ПЕРВОЕ.** Расчеты показывают, что в «родном» исполнении со среднестатистическим НЧ-динамиком 10ГД-30Е нижняя граница диапазона у такой системы составляет 57 Гц по уровню  $-3$  db и 45 Гц по уровню  $-6$  db. В принципе это неплохо, но нужно иметь в виду, что это справедливо ИМЕННО для некоего «среднего»

динамика. В реальности же ТС-параметры у этого динамика имеют очень большой разброс: резонансная частота, например, (по паспорту) составляет  $32 \pm 10$  Гц, т.е. колеблется от 22 Гц до 42 Гц, по другим параметрам также имеет место очень большой разброс. И если полная добротность динамика окажется более высокой, например,  $Q_t=0,6$ , то на АЧХ такой АС появится «горб» на частоте 80-120 Гц – в результате колонки будут «бубнеть». Напротив, заниженная добротность, например,  $Q_t=0,3$ , приведет к более сильному ослаблению низких частот, в результате частота среза по уровню  $-3$  db составит 80 Гц и более. На практике так и бывает, очень часто колонки 10МАС-1М имеют неудовлетворительное качество звучания низких частот: либо колонки откровенно «бубнят», либо имеют слишком низкий уровень басов и довольно редко попадаются экземпляры, которые звучат нормально.

Поэтому совершенно очевидно, что прежде чем делать модернизацию колонок, следует определить ТС-параметры конкретных образцов динамиков. И все же для анализа возможных вариантов модернизации будем ориентироваться на среднестатистические параметры.

**ВТОРОЕ.** Посмотрим (расчетным путем), что будет с АЧХ в системе 10МАС-1М с фазоинвертором. Если поставить в ящик 10МАС-1М фазоинвертор с частотой настройки  $f_b=35$  Гц, то частота среза составит 44 Гц по уровню  $-3$  db и 37 Гц по уровню  $-6$  db. «Выигрыш» по сравнению с ЗЯ очевиден! Правда, на верхнем басы будет наблюдаться небольшой подъем, но явного «горба» не будет.

Уже упоминалась статья в ж. «Радио» о системе 10МАС-1М с ФИ [1], там автор рекомендовал частоту настройки ФИ  $f_b$  около 40 Гц. Но автор не привел ТС-параметры конкретных динамиков, просто он так сделал – и у него получилось хорошо. Расчеты же показывают, что с частотой настройки ФИ  $f_b=40$  Гц получится хороший результат только в случае немного заниженной добротности НЧ-динамика. Если же эту частоту настройки ФИ ( $f_b=40$  Гц) применить для среднестатистического динамика – то на суммарной АЧХ громкоговорителя получится небольшой «горб» на верхнем басы. Именно поэтому и целесообразно для «среднего» динамика применить чуть заниженную частоту настройки ФИ, а именно  $f_b=35$  Гц.

На рис. 1 показаны расчетные амплитудно-частотные характеристики в области низких частот системы 10МАС-1М, выполненные на компьютере. Кривая «1» соответствует системе 10МАС-1М без переделки со среднестатистическим низкочастотным динамиком. Кривая «2» соответствует этой же системе с тем же динамиком и установленным фазоинвертором, причем, частота настройки фазоинвертора составляет в данном случае  $f_b=35$  Гц. Совершенно ясно, что применение фазоинвертора дает ощутимое преимущество по сравнению с ЗЯ, в данном случае нижняя граница частотного диапазона понизилась почти на 15 Гц (при уровне  $-3$  db).

Очевидно также, что в лицевой панели установить фазоинвертор невозможно, т.к. нет свободного места. Но такой фазоинвертор можно установить в нижней стенке ящика, а чтобы труба не уперлась в магнитную систему НЧ-динамика, трубу следует сместить к одной из боковых стенок.

Еще одно немаловажное замечание. В колонках 10МАС-1М применен звукопоглощающий материал в виде так называемого «ватного валика». Если эти колонки дополнить фазоинвертором, то «ватный валик» почти наверняка «перекроет» трубу фазоинвертора. Поэтому, в случае применения ФИ целесообразно отказаться от ваты и оклеить внутренние стенки ящика поролоном или матами из синтепона, войлока и т.п. На рис. 2 показаны: общий вид системы 10МАС-1М без доработки (слева) и вариант «2», который был только что описан (в центре), картинка справа будет прокомментирована далее. Можно также отметить, что в варианте «2» фазоинвертор размещен на нижней стенке ящика и смещен от центра к одной из боковых стенок. Такую колонку невозможно поставить днищем на полку или тумбочку, ее лучше вешать на стене с помощью «ушек» – в этом случае труба ФИ не будет ни во что «упираться».

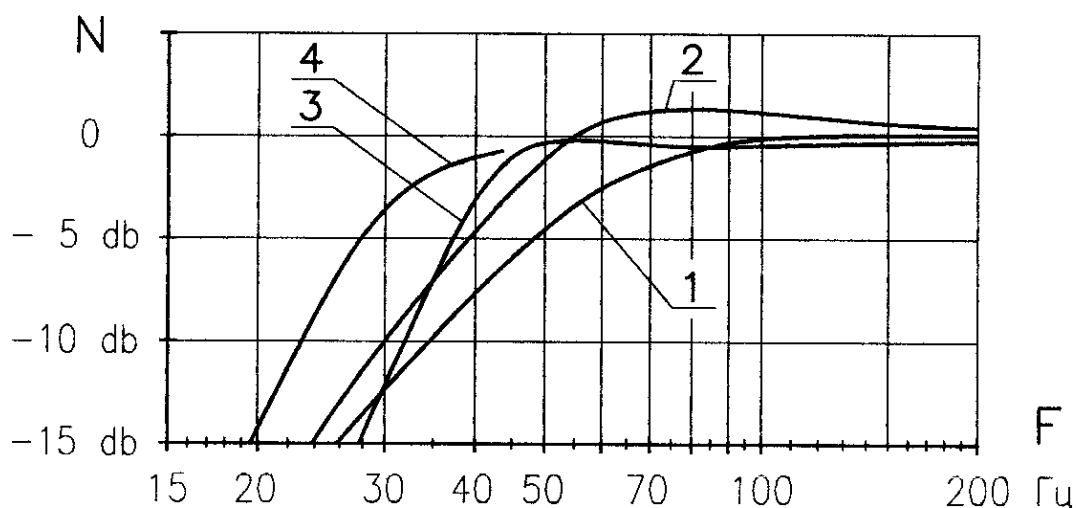


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики системы 10МАС-1М. 1 – АЧХ системы 10МАС-1М без доработки : НЧ-динамик 10ГД-30Е со среднестатистическими параметрами ( $f_s=32$  Гц,  $V_{as}=48$  л,  $Q_t=0,41$ ), объем ящика  $V=18$  л, фазоинвертора нет; 2 – АЧХ системы 10МАС-1М с фазоинвертором и тем же НЧ-динамиком ( $f_s=32$  Гц,  $V_{as}=48$  л,  $Q_t=0,41$ ,  $V=18$  л,  $f_b=35$  Гц); 3 – АЧХ системы 10МАС-1М с ФИ и динамиком 25ГДН-4-4 ( $f_s=40$  Гц,  $V_{as}=25$  л,  $Q_t=0,35$ ,  $V=18$  л,  $f_b=42,5$  Гц); 4 – АЧХ системы, составленной из двух ящиков 10МАС-1М, с фазоинвертором и «родным» НЧ-динамиком ( $f_s=32$  Гц,  $V_{as}=48$  л,  $Q_t=0,41$ ,  $V=36$  л,  $f_b=30$  Гц). Пояснения в тексте.

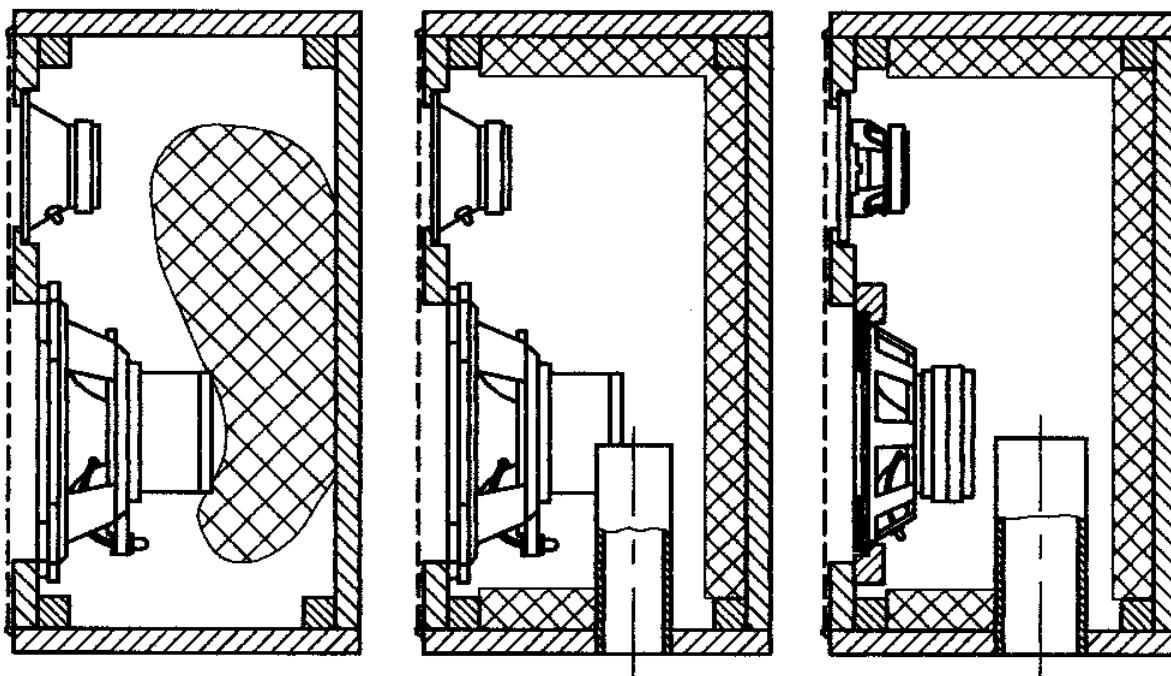


Рис. 2. Общий вид системы 10МАС-1М без доработок в разрезе, в ящике показан «ватный валик» (рисунок слева, вариант «1»). В центре показана доработанная система с тем же НЧ-динамиком (10ГД-30Е) и фазоинвертором в нижней стенке ящика (ФИ – труба  $\varnothing 40 \times 140$  мм,  $f_b=35$  Гц, вариант «2»). Справа – доработанная система с НЧ-динамиком 25ГДН-4-4 и фазоинвертором (ФИ – труба  $\varnothing 50 \times 145$  мм,  $f_b=42,5$  Гц, вариант «3»). Разделительные фильтры условно не показаны. Пояснения в тексте.

Вообще, проблема системы 10МАС-1М состоит в том, что динамик 10ГД-30Е имеет достаточно большой эквивалентный объем  $V_{as}$  по сравнению с объемом ящика. Поэтому можно поискать решение «проблемы низких частот» в подборе динамика с небольшим эквивалентным объемом  $V_{as}$ .

**ТРЕТЬЕ.** Предложим еще один вариант улучшения звучания в области низких частот для системы 10МАС-1М. Вместо штатного динамика 10ГД-30Е применим динамик 25ГДН-4-4 (по старому ГОСТу 15ГД-17), его номинальная мощность – 15 Вт, чувствительность – 87 db, полное сопротивление – 4  $\Omega$ . ТС-параметры следующие: резонансная частота  $f_s=40$  Гц, эквивалентный объем  $V_{as}=25$  л, полная добротность  $Q_t=0,35$ .

На рис. 1 показана АЧХ для случая применения в системе 10МАС-1М динамика 25ГДН-4-4 и фазоинвертора ( $f_b=42,5$  Гц), см. кривую «3», а на рис. 2 – показан внешний вид такой системы в разрезе. Этот вариант имеет некоторое преимущество по сравнению с вариантом «2»: нижняя граница частотного диапазона составляет  $f_s=40$  Гц по уровню  $-3$  db (вместо 44 Гц в случае с динамиком 10ГД-30Е и ФИ), кроме того, в области верхнего баса АЧХ получается более гладкая.

**Комментарий.** Из сказанного видно, что среднестатистический динамик 10ГД-30Е (с более низкой резонансной частотой  $f_s=32$  Гц) обеспечивает уровень низких частот применительно к системе 10МАС-1М чуть хуже (!), чем динамик 25ГДН-4-4 (с более высоким резонансом  $f_s=40$  Гц). А именно: 44 Гц против 40 Гц. Это обусловлено тем, что на АЧХ системы кроме резонансной частоты динамика  $f_s$ , влияют также еще четыре параметра: эквивалентный объем динамика  $V_{as}$ , полная добротность динамика  $Q_t$ , объем ящика  $V$  и, наконец, частота настройки фазоинвертора  $f_b$ . Лишь при удачном сочетании всех пяти параметров можно получить АЧХ, близкую к оптимальной.

Теперь остается только решить конструктивные вопросы. Габарит фланца у динамика 10ГД-30Е составляет 200 мм, а у динамика 25ГДН-4-4 – 160 мм. Это позволяет применить своего рода «фланец-переходник». Следует выпилить из фанеры толщиной 20 мм кусок, соответствующий по размерам габаритам фланца динамика 10ГД-30Е. Затем в этой фанере нужно выпилить отверстие для динамика 25ГДН-4-4. При установке такого фланца следует уплотнить стыки (герметиком, пластилином или тонким поролоном). На рис. 3 показан общий вид такого фланца-переходника, а на рис. 2 (справа) показан общий вид такой АС. Добавим также, что диаметр трубы в этом случае составляет  $D=50$  мм, а длина  $L=145$  мм, частота настройки  $f_b=42,5$  Гц. Для простоты конструкции труба установлена в днище колонок.

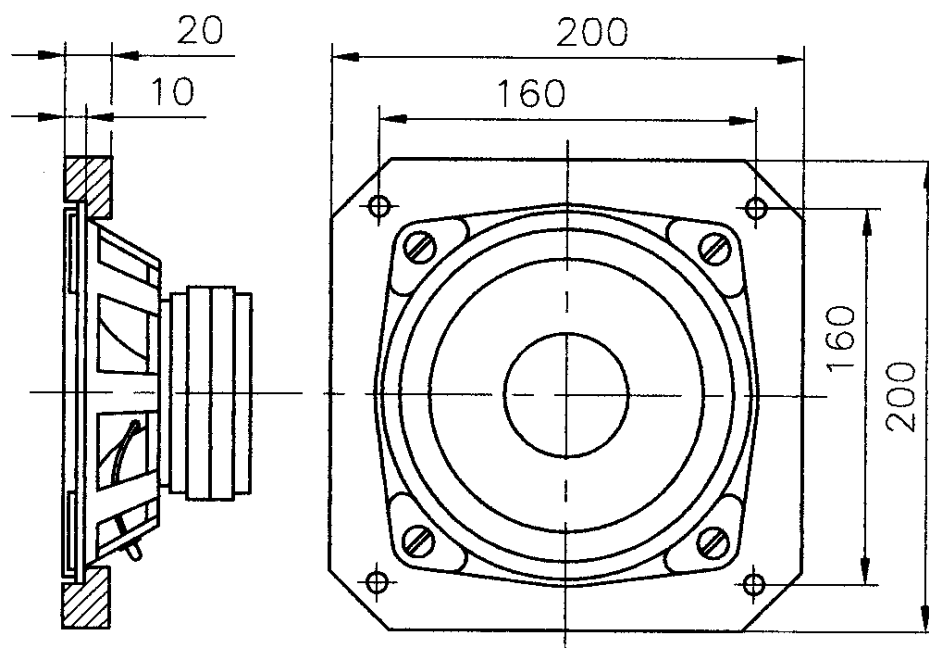


Рис. 3. Общий вид фланца-переходника, для установки динамика 25ГДН-4-4.

Указанный способ модернизации системы 10МАС-1М с применением НЧ-динамика 25ГДН-4-4 является более оптимальным. Во-первых, именно такой вариант обеспечивает наилучший уровень низких частот, и АЧХ получается более гладкая. Во-вторых, при таком варианте механические работы очень незначительны. Действительно, достаточно лишь изготовить фланец-переходник, установить в него низкочастотный динамик и все... Этот фланец (в сборе, т.е. вместе с динамиком 25ГДН-4-4) устанавливается на лицевую панель системы 10МАС-1М вместо «родного» динамика 10ГД-30Е. Никаких доработок ящика в этом случае не потребуется, разве что удалить «ватный валик», сделать в днище отверстие для трубы ФИ и оклеить стенки ящика поролоном. Наконец, в-третьих – диффузор динамика 25ГДН-4-4 имеет меньшую массу, чем диффузор динамика 10ГД-30Е. Это означает, что динамик 25ГДН-4-4 обладает меньшей инерционностью, и качество звука у него значительно лучше.

Следует иметь в виду, что динамик 25ГДН-4-4 имеет полное сопротивление  $4 \Omega$ , а колонки 10МАС-1М –  $8 \Omega$ . Поэтому такую замену НЧ-динамика можно рекомендовать только в том случае, если усилитель мощности способен работать на нагрузку  $4 \Omega$ . Впрочем, возможную замену для динамика 25ГДН-4-4 можно поискать среди импортных динамиков аналогичного габарита с более высоким сопротивлением. Например, можно использовать японские динамики от музыкального центра фирмы Aiwa 83-NS6-602-11 (габарит фланца 145 мм, полное сопротивление  $8 \Omega$ ) или 83-NS8-602-01 (140 мм,  $6 \Omega$ ); динамики фирмы Sony 1-504-377-11 и T-8110-557 (170 мм,  $6 \Omega$ ); динамик фирмы Technics EAS14PL304R6 (155 мм,  $6 \Omega$ ). В случае подобной замены динамика придется проверить АЧХ громкоговорителя по конкретным ТС-параметрам и заново спроектировать фланец-переходник и пересчитать разделительные фильтры.

Доработки системы 10МАС-1М, представленные выше, призваны улучшить качество воспроизведения низких частот. Теперь можно поговорить об улучшении высокочастотного звена.

На рис. 4 показаны варианты электрических схем разделительных фильтров. Слева показана схема «родных» фильтров системы 10МАС-1М. Очевидно, что НЧ-динамик подключен напрямую, т.е. вообще без фильтра. А пищалка – через фильтр 2-го порядка (L1C1). Следует сказать, что фильтры системы 10МАС-1М постоянно модернизировались радиозаводом. Так, в первых моделях этих систем индуктивность L1 отсутствовала, т.е. использовался фильтр 1-го порядка! В системе 10МАС-1М резистор R1 ( $12,0 \Omega$ ) служит для выравнивания звуковых давлений НЧ- и ВЧ-динамиков. В поздних модификациях стали применять резистор  $4,7 \Omega$ , что привело к увеличению уровня высоких частот.

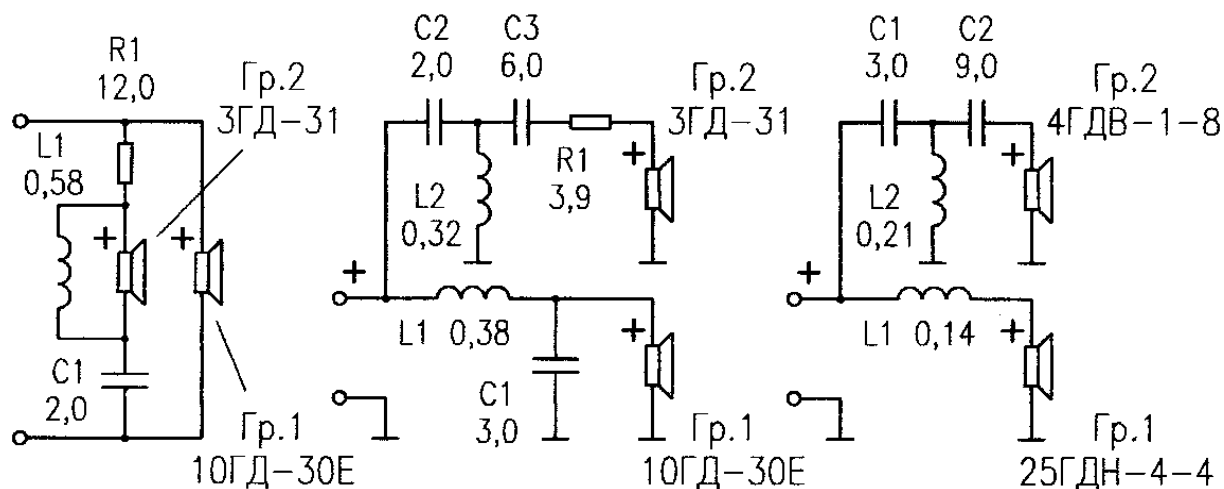


Рис. 4. Принципиальные электрические схемы разделительных фильтров: акустической системы 10МАС-1М без переделки (слева), усовершенствованной системы 10МАС-1М с низкочастотным динамиком 10ГД-30Е (в центре) и той же системы на базе динамика 25ГДН-4-4 (справа).

Если рассматривать вариант с «родной» пищалкой ЗГД-31, то целесообразно доработать эту пищалку – оклеить изнутри корзину пищалки тонким поролоном [4]. Если при этом еще и применить фильтр 3-го порядка (для пищалок – вариант оправданный), то качество звучания будет более высоким, при этом и для низкочастотного звена целесообразнее применить фильтр, см. рис. 4 (схема в центре). Частота раздела этих фильтров составляет 4,7 кГц.

Динамик 25ГДН-4-4 по качеству звучания лучше 10ГД-30Е, поэтому (для варианта с этим басовиком) пищалку также целесообразно заменить на более качественную. Можно рекомендовать ВЧ-головку 4ГДВ-1-8 (по старому ГОСТу ЗГД-47). На схеме справа показана схема фильтров для такого варианта системы с использованием в высокочастотном звене фильтров 3-го порядка, частота раздела в этом варианте – 4,5 кГц. А для головки 25ГДН-4-4 в этом варианте предложен фильтр 1-го порядка. Динамики 25ГДН-4-4 и 4ГДВ-1-8 имеют невысокую цену и их можно легко купить на радиорынках или в магазинах радиотоваров.

Габарит фланца у ЗГД-31 составляет 100x100 мм, а у пищалки 4ГДВ-1-8 габарит фланца – 65x65 мм. Поэтому единственное, что нужно будет сделать для нормальной установки этой пищалки в ящик 10МАС-1М, это применить фланец-переходник. Изготовить его можно из текстолита толщиной 3 мм по чертежу на рис. 7.

**ЧЕТВЕРТОЕ.** А теперь изложим необычный вариант модернизации системы 10МАС-1М. Как уже отмечалось, существенная проблема данной системы состоит в большой величине эквивалентного объема НЧ-динамика  $V_{ас}$  по отношению к объему ящика  $V$ . Улучшить это соотношение можно не только заменой динамика (вариант с динамиком 25ГДН-4-4), но и увеличением объема ящика.

Можно, например, два ящика 10МАС-1М соединить днищами друг с другом в одно целое, предварительно сделав в днищах отверстие диаметром примерно  $\varnothing 140$  мм. Расчеты показывают, что в этом случае за счет увеличения объема можно получить со среднестатистическим динамиком 10ГД-30Е частоту среза 31 Гц по уровню  $-3$  db и 27 Гц по уровню  $-6$  db, АЧХ получается гладкая, см. кривую «4» на рис. 1.

На рис. 5 показана схема монтажа этих колонок. Итак, два ящика лучше расположить большими отверстиями друг к другу, т.е. сверху будет пищалка, ниже (в большом отверстии) будет располагаться СЧ-головка, еще ниже (снова большое отверстие, это уже другой ящик) будет динамик 10ГД-30Е, и еще ниже будет располагаться фазоинвертор (в том месте, где раньше была пищалка). Вот примерно такая конфигурация...

В сопрягаемых днищах предварительно следует сделать отверстия диаметром  $\varnothing 140$  мм. Еще один момент, который нужно учесть. В системах 10МАС-1М боковые стенки ящиков немного выступают по отношению к днищам, примерно на 2 мм. И если ящики поставить один на другой, то днища не будут соприкасаться, между ними останется щель примерно 3-4 мм. Чтобы это исключить, следует между ящиками расположить прокладку толщиной 4-5 мм, ее можно изготовить из фанеры, текстолита или тонкого листа массива дерева или ламината. Разумеется, в этой прокладке также следует сделать отверстие  $\varnothing 140$  мм.

Итак, ящики соединяются днищами друг к другу, как показано на рисунке справа, между днищами – прокладка. Все стыки смазать столярным клеем, или клеем ПВА, или эпоксидным клеем. Зафиксировать ящики можно струбцинами. А самое лучшее, если закрепить соединение саморезами, шурупами или другими крепежными изделиями. Излишки клея следует удалить.

Рекомендованный набор динамиков. Для НЧ-звена оставляем «родной» 10ГД-30Е. Для СЧ-звена можно рекомендовать широкополосный динамик ЗГД-32. Это динамик Рижского радиозавода овальной формы (200x125 мм) имеет очень высокое качество звучания. Для установки его в ящик 10МАС-1М следует применить фланец-переходник. Большой осью этот динамик следует расположить вертикально – так будет шире диаграмма направленности. С тыльной стороны его следует закрыть герметичным боксом объемом примерно 1,5 литра, бокс заполнить ватой. Динамик хоть и редкий и давно снятый с производства, но все же его можно достать на радиорынках. В качестве ВЧ-звена можно применить пищалку ЗГД-47, естественно, потребуется фланец-переходник.

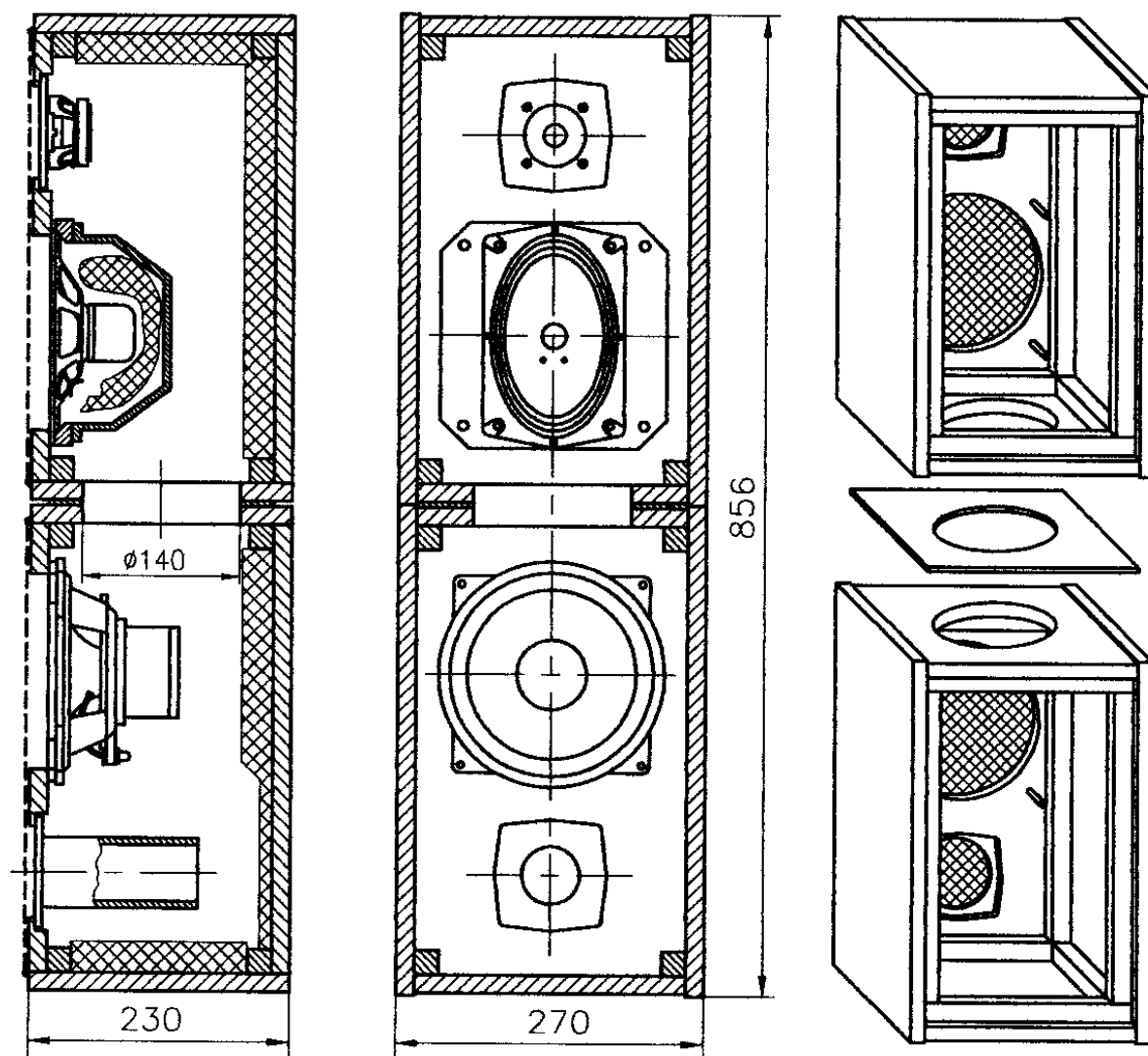


Рис. 5. Общий вид колонок, составленных из двух ящиков системы 10МАС-1М. Сверху расположена пищалка, ниже СЧ-головка с фланцем-переходником, еще ниже – НЧ-динамик 10ГД-30Е и, наконец – фазоинвертор. Фильтры условно не показаны. Справа показана схема соединения ящиков.

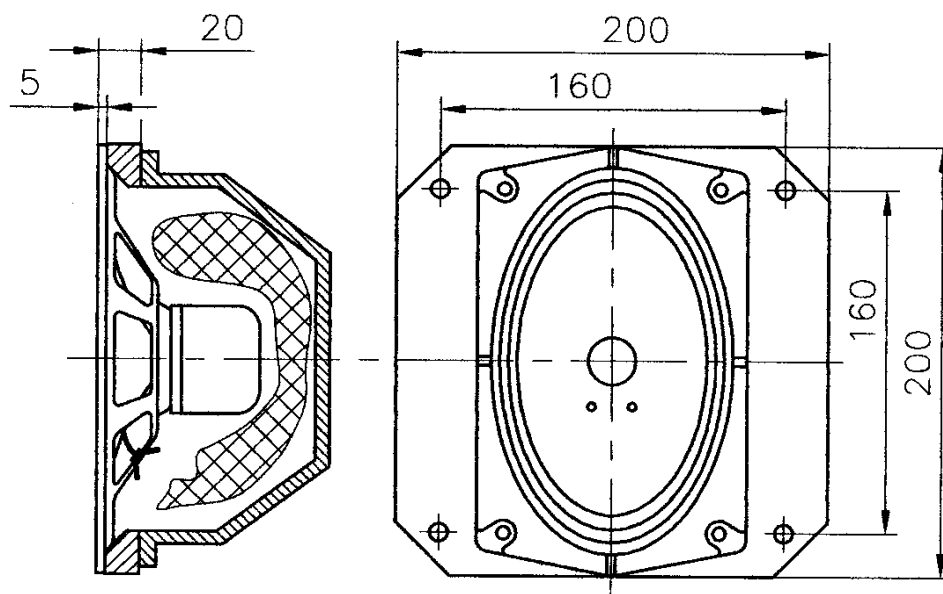


Рис. 6. Внешний вид фланца-переходника, для установки динамика 3ГД-32.

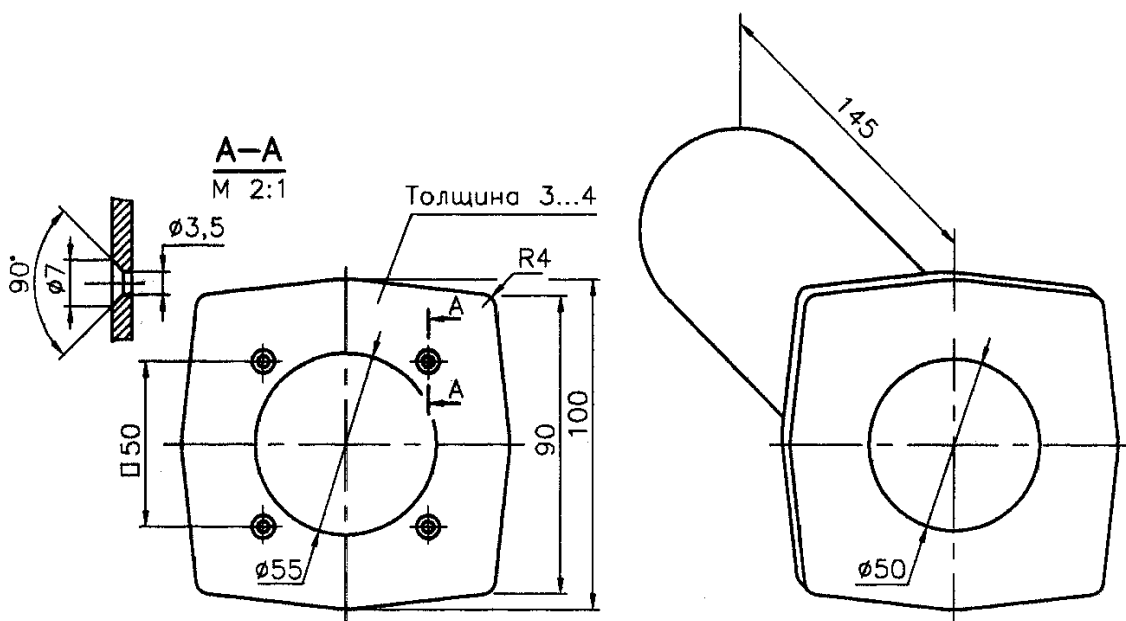


Рис. 7. Чертеж фланца-переходника, для установки высокочастотного динамика 4ГДВ-1-8 вместо динамика 3ГД-31 в системе 10МАС-1М (слева) и аналогичный фланец, совмещенный с трубой фазоинвертора (справа).

Фазоинвертор нужно разместить в другом отверстии под пищалку, для этого тоже потребуется фланец-переходник. Точнее фланец, аналогичный по габаритам головке 3ГД-31 с отверстием под трубу. Лучше его изготовить из листа текстолита толщиной 3-4 мм. На рис. 6 показан внешний вид фланца-переходника для головки 3ГД-32 вместе с герметичным боксом, на рис. 7 показаны фланцы-переходники для пищалки 3ГД-47 и для трубы фазоинвертора (труба  $\text{Ø}50 \times 145 \text{ мм}$ ,  $f_b = 30 \text{ Гц}$ ). Отметим, что пищалка 3ГД-31 крепится в системе 10МАС-1М с помощью специальных прижимных скобок.

Электрическая схема разделительных фильтров для указанного набора динамиков представлена на рис. 8. Частоты раздела составляют 470 Гц и 6,4 кГц. В низкочастотном звене применен фильтр 2-го порядка (L1C1), в среднечастотном звене – фильтр 1-го порядка (C2L2) и в высокочастотном звене – фильтр 3-го порядка (C3L3C4). Применение для СЧ-головки фильтра 1-го порядка обеспечивает минимальные фазовые искажения, что вполне оправдано, имея в виду высокое качество звучания головки 3ГД-32. Резисторы R1 и R2 выравнивают звуковые давления всех трех динамиков.

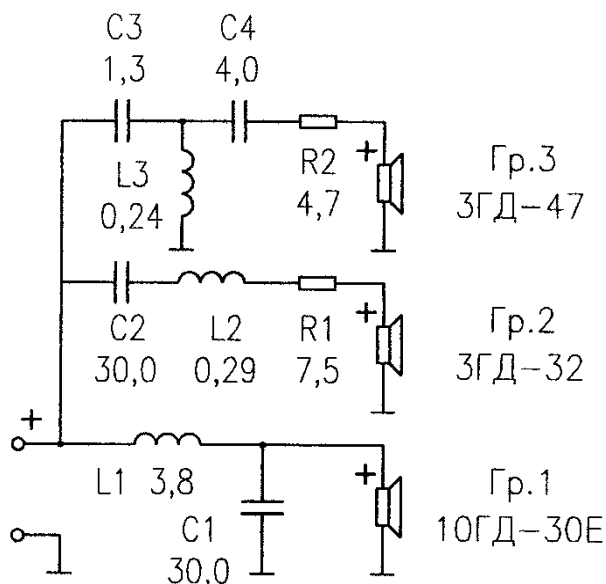


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема разделительных фильтров для трехполосной АС с динамиками 10ГД-30Е, 3ГД-32 и 3ГД-47.



## ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

1. «Родная» система 10МАС-1М представляет собой акустическое оформление типа «Закрытый Ящик» и имеет частоту среза около 60 Гц (со среднестатистическим динамиком). Однако ТС-параметры низкочастотного динамика имеют очень большой разброс. Если полная добротность динамика  $Q_t$  завышена, то это приводит к появлению «горба» на АЧХ в области верхнего баса, в этом случае колонки «бубнят». В случае заниженной добротности уровень низких частот также оказывается заниженным, частота среза при этом становится 80 Гц и более.

2. Если нужно доработать колонки с минимальными затратами, то можно рекомендовать применить в задней стенке колонок панель акустического сопротивления (ПАС) [2], а пищалку доработать по известной методике [4].

3. Применение фазоинвертора в системе 10МАС-1М со среднестатистическим динамиком 10ГД-30Е понижает частоту среза примерно на 15 Гц. При этом на верхнем басы будет небольшой подъем в положительную область, но явного «горба» на АЧХ не будет. Для этого варианта лучше отбирать динамики с заниженными резонансной частотой  $f_s$  и полной добротностью  $Q_t$ .

4. Применение для ящиков 10МАС-1М низкочастотных динамиков с небольшим эквивалентным объемом  $V_{as}$  (например, 25ГДН-4-4) позволяет еще немного понизить частоту среза при сохранении гладкой АЧХ.

5. Наиболее радикально решить все проблемы системы 10МАС-1М можно, объединив ящики попарно. В этом случае возрастает объем ящиков  $V$  в 2 раза и частота среза становится со среднестатистическим динамиком 10ГД-30Е около 31 Гц! Габариты позволяют в этом случае применить трехполосный вариант АС.

Можно также рассмотреть варианты с применением других динамиков. Вполне вероятно, если добротность НЧ-динамика  $Q_t$  окажется чуть завышенной, то оптимальным оформлением может оказаться ЗЯ.

Для получения более полной информации, дополнительно покажем расчетные АЧХ в области низких частот всех четырех вариантов системы 10МАС-1М с использованием динамиков 10ГД-30Е и 25ГДН-4-4 со среднестатистическими параметрами. В таблице № 1 приведены исходные ТС-параметры рассмотренных выше вариантов, а в таблице № 2 приведены расчетные АЧХ вариантов. Графические иллюстрации расчетных АЧХ показаны на рис. 1.

Таблица № 1

### Исходные ТС-параметры НЧ-динамиков и акустического оформления

№	Описание системы	ТС-параметры			Ящик		Частота среза	
		$f_s$ (Гц)	$V_{as}$ (л)	$Q_t$	$V$ (л)	$f_b$ (Гц)	-3db	-6db
1	«Родная» система 10МАС-1М, ЗЯ.	32	48	0,41	18	0	57Гц	45Гц
2	То же, с ФИ, 10ГД-30Е.	32	48	0,41	18	35	44Гц	37Гц
3	То же, с ФИ, 25ГДН-4-4.	40	25	0,35	18	42	40Гц	36Гц
4	2 ящика 10МАС-1М, 10ГД-30Е, ФИ.	32	48	0,41	36	30	31Гц	27Гц

Таблица № 2

### Расчетные амплитудно-частотные характеристики в области низких частот для системы 10МАС-1М и вариантов ее доработки

№	Ч а с т о т а ( Г ц )												
	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	150	200
1	-19,4	-15,5	-12,3	-9,8	-7,6	-5,9	-4,5	-2,5	-0,7	-0,1	0,0	0,1	0,1
2	-19,1	-13,7	-9,9	-7,0	-4,6	-2,6	-1,1	0,7	1,4	1,2	0,9	0,6	0,4
3	-26,0	-18,4	-12,1	-6,9	-3,0	-1,0	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2
4	-14,3	-7,5	-3,6	-1,8	-1,0	-0,6	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## ЛИТЕРАТУРА

1. Обзорная статья «Улучшение звучания 10МАС-1», ж. Радио № 2, 1978 г, с. 38.
2. А. Лупырев, А. Мещеряков, С. Торбаев, В. Шоров «Еще раз об улучшении звучания 10МАС-1», ж. Радио № 11, 1980 г, с. 32.
3. Э. Виноградова «Конструирование громкоговорителей со сглаженными частотными характеристиками», М, Энергия, 1978 г.
4. С. Макшаков, Ю. Горев «Усовершенствование головок ЗГД-31-1300», ж. Радио № 7, 1982 г, с. 44.