Шихатов А.И.

КОНЦЕРТНЫЙ ЗАЛ НА КОЛЕСАХ

**ИЗДАНИЕ ШЕСТОЕ,
ДОПОЛНЕННОЕ И ПОСЛЕДНЕЕ**

ДМК ПРЕСС
ИЗДАТЕЛЬСТВО
Москва, 2011

УДК 621.396.6
ББК 32.872
Ш65

Шихатов А.И.
Ш65 Концертный зал на колесах. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 504 с.: ил.
Шестое издание, дополненное.

ISBN 978-5-94074-661-4

В данной книге рассмотрены основные принципы конструирования высококачественных автомобильных аудио- и мультимедийных систем. Книга охватывает широкий круг вопросов: конструкция и схемотехника автомобильных мультимедийных устройств и усилителей, расчет и изготовление акустических систем, выбор структуры системы и ее компонентов, монтаж в автомобиле. Приведены справочные материалы и схемы узлов для самостоятельного изготовления. По сравнению с предыдущими изданиями материал значительно переработан: сокращена устаревшая информация, добавлены новые разделы.

К материалам шестого издания добавлен обзор современного состояния этой области техники и перспективы ее развития.

ББК 32.872
УДК 621.396.6

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность наличия технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением или неприменимостью любых материалов данной книги.

ISBN 978-5-94074-661-4

© Шихатов А. И., 2011
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

От автора ... 8
Соглашение ... 8
1. Что такое автозвук ... 10
1.1. Как все начиналось (звук) ... 13
1.2. Как все начиналось (видео) ... 21
1.3. Особенности стандартов телевещания ... 24
1.4. Эра DVD ... 27
1.5. Мультимедийные системы ... 29
1.6. Nostalgia ... 31
2. Источники сигнала ... 34
2.1. Классификация головных устройств ... 35
2.1.1. ГУ начального уровня ... 36
2.1.2. ГУ среднего класса ... 37
2.1.3. ГУ высокого класса ... 39
2.1.4. Комбинированные ГУ («сидиолы») ... 43
2.1.5. ГУ без дисковода ... 43
2.1.6. ГУ с видеомонитором ... 45
2.1.7. Мультимедийные центры ... 46
2.1.8. Мультимедийные проигрыватели ... 48
2.1.9. Видеомагнитофоны ... 51
2.2. Выбор головного устройства ... 51
2.3. Органы управления, компоновка и особенности конструкции ... 54
2.3.1. Механические органы управления ... 56
2.3.2. Электронные органы управления ... 56
2.3.3. Системы защиты ... 58
2.3.4. Региональные особенности ... 59
2.4. Радиоприемный тракт ... 60
2.5. Тракт звуковой частоты ... 64
2.5.1. Входные цепи тракта ЗЧ ... 64
2.5.2. Аудиорегулировки ... 65
2.5.3. Усилители мощности ГУ ... 68
2.6. Тракты CD и MD ... 71
2.7. Видеомониторы ... 74
2.7.1. Устройство ЖК-дисплея ... 75
2.7.2. Типы автомобильных мониторов ... 77
2.7.3. Радиоканал ... 78
2.7.4. Видеотракт ... 79
2.7.5. Канал звука ... 81
3. Автомобильные громкоговорители ... 82
3.1. Классификация головок громкоговорителей ... 83
3.1.1. Электродинамические головки прямого излучения ... 84
3.1.2. Изодинамические головки ... 86
3.1.3. Роторные головки ... 86
3.1.4. Электростатические головки ... 87

3.1.5. Пьезоэлектрические головки 88
3.1.6. Ионно-плазменные головки 88
3.2. Характеристики головок громкоговорителей 89
3.3. Динамические головки 92
3.3.1. Магнитная система 93
3.3.2. Подвес диффузора 100
3.3.3. Диффузор 103
3.4. Конструкции динамических головок 109
3.4.1. Диффузорные головки 109
3.4.2. Купольные головки 112
3.4.3. Коаксиальные головки 113
3.4.4. Специальные низкочастотные головки 116
3.5. Особенности автомобильных громкоговорителей 118
3.5.1. Широкополосные и коаксиальные головки 120
3.5.2. Специализированные громкоговорители 121
4. Акустическое оформление 125
4.1. Параметры Тиля-Смолла 126
4.2. Измерение параметров динамических головок 127
4.2.1. Оборудование для измерений 129
4.2.2. Измерение активного сопротивления 131
4.2.3. Измерение частоты основного механического резонанса 131
4.2.4. Определение добротности 132
4.2.5. Определение эквивалентного объема методом добавочной массы 133
4.2.6. Определение эквивалентного объема методом добавочного объема 134
4.3. Виды акустического оформления 136
4.3.1. Классификация низкочастотного акустического оформления 137
4.3.2. Открытое оформление 139
4.3.3. Лабиринт 140
4.3.4. Закрытый корпус 141
4.3.5. Фазоинвертор 143
4.3.6. Пассивный излучатель 145
4.3.7. Акустическая нагрузка 146
4.3.8. Полосовые громкоговорители 147
4.3.9. Сдвоенные головки 149
4.3.10. Рупор и акустическая линза 150
4.4. Выбор головки и расчет акустического оформления 151
4.4.1. Передаточная характеристика салона 154
4.4.2. Расчет открытого оформления 157
4.4.3. Расчет лабиринта 158
4.4.4. Расчет закрытого корпуса 159

4.4.5. Расчет акустического режекторного фильтра ... 159
4.4.6. Расчет фазоинвертора ... 163
4.4.7. Расчет пассивного излучателя ... 166
4.4.8. Расчет рупора ... 169
5. Усилители ... 171
5.1. Параметры усилителя и качество звучания ... 172
5.1.1. Выходная мощность ... 174
5.1.2. Гармонические и интермодуляционные искажения ... 174
5.1.3. Диапазон воспроизводимых частот ... 175
5.1.4. Скорость нарастания выходного напряжения ... 175
5.1.5. Коэффициент демпфирования ... 176
5.1.6. Минимальное сопротивление нагрузки ... 180
5.2. Структура автомобильных усилителей ... 181
5.3. Предварительные усилители и фильтры ... 185
5.4. Схемотехника усилителей мощности ... 189
5.4.1. Усилители на дискретных элементах ... 190
5.4.2. Усилители с применением интегральных схем ... 196
5.4.3. Гибридные усилители ... 200
5.5. Блоки питания автомобильных усилителей ... 204
5.5.1. Структура блоков питания ... 206
5.5.2. Цепи управления и защиты ... 209
5.5.3. Практические схемы узлов ПН ... 210
5.6. Импульсные усилители ... 215
5.6.1. Усилители класса D ... 217
5.6.2. Усилители класса T ... 220
5.6.3. Полностью цифровые тракты ... 223
5.7. Конструкция усилителей ... 225
6. Устройства обработки сигнала ... 230
6.1. Разделительные фильтры АС ... 230
6.1.1. Методика расчета пассивных фильтров ... 231
6.1.2. Корректирующие и согласующие цепи ... 235
6.1.3. Разделительно-корректирующие фильтры ... 240
6.1.4. Конструкция фильтров ... 246
6.2. Активные кроссоверы ... 248
6.2.1. Конструкция и органы управления ... 250
6.2.2. Схемы активных кроссоверов промышленного изготовления ... 256
6.2.3. Любительские схемы для сабвуферов ... 264
6.2.4. Любительские схемы активных фильтров ... 273
6.3. Корректоры АЧХ ... 276
6.3.1. Параметрическая коррекция АЧХ ... 278
6.3.2. Коррекция при помощи режекторного фильтра ... 279

6.3.3. Кроссовер-эквалайзер ... 281
6.3.4. Коррекция при помощи эквалайзера ... 284
6.3.5. Корректор в канале сабвуфера ... 289
6.4. Звуковые процессоры ... 291
6.4.1. Особенности пространственного слухового восприятия ... 293
6.4.2. Аналоговые системы объемного звучания ... 295
6.4.3. Цифровые системы объемного звучания ... 301
6.4.4. Психоакустические процессоры ... 304
7. Дополнительные устройства ... 316
7.1. Антенны ... 316
7.1.1. Основные определения ... 317
7.1.2. Типы автомобильных антенн ... 319
7.1.3. Активные антенны ... 321
7.1.4. Разнесенные антенные системы ... 323
7.1.5. Выбор антенны ... 325
7.1.6. Антенна из обогревателя ... 327
7.2. Видеокоммутатор ... 328
7.3. Устройства индикации ... 333
7.3.1. Стрелочные индикаторы выходной мощности ... 338
7.3.2. Светодиодные индикаторы выходной мощности ... 340
7.3.3. Питание ... 346
7.3.4. Конструкция ... 348
7.4. Устройства управления питанием ... 349
7.4.1. Распределитель управляющего напряжения ... 349
7.4.2. Автоматический выключатель ... 351
7.5. Проводное дистанционное управление ... 353
8. Компоновка аудиосистемы ... 356
8.1. Слагаемые результата ... 357
8.1.1. Акустические свойства салона автомобиля ... 358
8.1.2. Особенности слухового восприятия ... 360
8.1.3. Ориентация излучателей ... 361
8.1.4. Фронтальный бас ... 362
8.2. Выбор структуры АС ... 363
8.3. Выбор частот раздела и порядка фильтров ... 372
8.4. Би-ампинг ... 376
8.5. Комбинированное подключение нагрузки ... 379
8.6. Малосигнальные пассивные фильтры ... 383
8.7. Выбор структуры усилительного тракта ... 385
9. Монтаж аудиосистемы ... 388
9.1. Стеклопластик ... 389
9.2. Изготовление акустического оформления ... 390
9.2.1. Особенности автомобильных АС ... 391
9.2.2. Установка головок ... 392
9.2.3. Герметичность ... 394

9.2.4. Жесткость ... 395
9.2.5. Наполнитель ... 395
9.2.6. Изготовление прямоугольных корпусов ... 397
9.2.7. Изготовление корпусов сложной формы ... 398
9.2.8. Изготовление рупоров ... 400
9.2.9. Практические конструкции АС ... 401
9.3. Шумоизоляция и вибродемпфирование ... 405
9.4. Цепи питания ... 409
9.4.1. Требования безопасности ... 410
9.4.2. Буферный конденсатор ... 411
9.4.3. Дополнительный аккумулятор ... 413
9.4.4. Нестандартное напряжение бортовой сети ... 414
9.5. Цепи акустических систем ... 416
9.6. Сигнальные цепи и помехи ... 417
9.7. Сервоприводы ... 420
9.8. Антенны ... 421
9.9. Настройка ... 422
9.9.1. Абсолютная и относительная фазировка АС ... 423
9.9.2. Измерение и коррекция АЧХ ... 423
10. Последняя глава ... 427
10.1. Тенденции и перспективы car audio ... 428
10.2. Шаги в будущее ... 433
10.2.1. Интернет-мобиль ... 433
10.2.2. Айфон-мобиль ... 434
10.3. Аудио для скутера ... 439
10.3.1. Акустическая система ... 439
10.3.2. Усилитель ... 440
10.3.3. Детали и конструкция ... 444
10.3.4. Подключение нагрузки ... 445
10.4. Адаптивный тыловой канал системы пространственного звучания ... 446
10.4.1. Из истории систем объемного звучания ... 447
10.4.2. Теория ... 450
10.4.3. Принцип работы ... 452
10.4.4. АТК – вариант 1 ... 454
10.4.5. АТК – вариант 2 ... 460
10.4.6 АТК – вариант 3 ... 463
10.4.7. Детали, конструкция, возможные замены ... 463
Приложения ... 467
Приложение 1. Базовые сведения ... 467
Приложение 2. Аудиокарты инсталляций ... 479
Приложение 3. Характеристики телевизионных стандартов ... 484
Литература ... 491
Алфавитный указатель ... 498

Моей жене Белле –
она верила в меня всегда.

ОТ АВТОРА

В России недостаток средств традиционно компенсируется оригинальностью решений, и эта книга предназначена в первую очередь тем, кто привык все делать своими руками. Это не пособие по ремонту магнитол, и не руководство по конструированию громкоговорителей, и не справочник начинающего плотника. Хотя книгой можно пользоваться и в этих целях, ее главная задача – объединить и систематизировать основные сведения, необходимые конструктору автомобильной аудиосистемы, не превращаясь при этом в гибрид энциклопедического словаря и армейской инструкции. Прошу не судить слишком строго: насколько мне известно, за годы, прошедшие с момента выхода первого издания, других попыток такого рода больше никто не предпринял. Но критиков хватает...

Книга тщательно структурирована, это облегчает поиск нужной информации. По той же причине некоторые положения иногда повторяются. Благодаря этому читать ее можно с любого места и в любую сторону, но я рекомендую в первый раз все же прочитать ее традиционным способом – с начала и до конца. Надеюсь, что она окажется полезной широкому кругу любителей музыки, и не только автомобилистам.

Я старался по возможности избегать сложных формул и теоретических обоснований – только выводы, имеющие практическую ценность, поэтому желающих получить подробную информацию отсылаю к специальной литературе. Краткий список использованных трудов есть в конце книги, его можно расширить еще в несколько раз, – но я вовремя остановился. Нельзя объять необъятное: слишком динамично развивается эта область техники, поэтому подробно рассмотрены только те решения, которые на настоящий момент стали классическими.

Выражаю свою искреннюю признательность всем, кто прямо или косвенно помог созданию, а потом и улучшению этой книги. Спасибо и книге – она увлекла за собой автора. Как и положено литературному произведению.

Москва, февраль 2008

Соглашение

Основные термины и определения в тексте выделены *курсивом*.

Автозвук, или **car audio**, – тяжелая форма аудиофилии, выражающаяся в стремлении добиться идеального звучания автомобильной аудиосистемы. Передается при контакте с носителем болезни. Лечению обычно не поддается. Скрытый инкубационный период – от нескольких часов до нескольких месяцев. В начале XXI века достиг масштабов эпидемии.

Большой музыкальный словарь. Москва. 2050 год

1. ЧТО ТАКОЕ АВТОЗВУК

Еще недавно желание иметь в автомобиле аудиосистему класса Hi-Fi расценивалось большинством окружающих в лучшем случае как пижонство. Однако для многих автомобилистов машина превратилась в нечто большее, чем просто средство передвижения. Отношение к автомобилю как к среде обитания уже не вызывает недоумения окружающих, а поклонников качественного звуковоспроизведения и мультимедиа в автомобиле становится все больше. Человек, проводящий за рулем несколько часов в день, хочет слушать не только последние известия, поэтому вполне объяснимо желание иметь в машине нечто большее, чем просто «магнитола + две колонки». Автомобиль нередко остается единственным местом, где можно послушать музыку в свое удовольствие, не создавая проблем окружающим. А мультимедийная система способна превратить его в дом на колесах.

Не верьте тем, кто говорит, что музыка в салоне автомобиля хорошо звучать не может «по определению», а стало быть, не нужна. Хорошее звучание в салоне автомобиля не только возможно, но и необходимо – по крайней мере, его владельцу. По данным последних исследований правильно подобранная музыка снижает утомляемость водителя. Однако никакого особенного «автомобильного» звука нет и быть не может, хотя конструирование качественных автомобильных аудиосистем имеет свои специфические особенности. Это связано с акустическими свойствами салона автомобиля, о чем будет рассказано позднее. Кстати, многие используемые в автомобильных аудиосистемах решения вполне можно распространить и на домашнюю аппаратуру. Обратное верно только отчасти!

Не каждый автомобиль стоит превращать в концертный зал на колесах. Нет смысла тратить силы и средства, если музыкальные вкусы владельца ограничены незатейливой музыкой. Для ее воспроизведения не требуется ни широко-