**Аппаратура радиоуправления. Часть 2. Приемники**

Авторы - Владимир Васильков ([Vovic](http://forum.rcdesign.ru/member.php?u=355)), Виталий Пузрин

* [Распределение частот для аппаратуры радиоуправления](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/rx_intro#eztoc9184_1)
* [Разновидности приемников](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/rx_intro#eztoc9184_2)
* [Устройство приемника](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/rx_intro#eztoc9184_3)
* [Борьба с бортовыми помехами](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/rx_intro#eztoc9184_4)
* [Самодельная аппаратура?](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/rx_intro#eztoc9184_5)
* [Заключение](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/rx_intro#eztoc9184_6)

**Распределение частот для аппаратуры радиоуправления**

Прежде чем перейти к описанию приемника, рассмотрим распределение частот для аппаратуры радиоуправления. И начнем здесь с законов и норм. Для всей радиоаппаратуры распределение частотного ресурса в мире ведет международный комитет по радиочастотам. Он имеет несколько подкомитетов по зонам земного шара. Поэтому в разных зонах Земли под радиоуправление выделены разные диапазоны частот. Более того, подкомитеты лишь рекомендуют государствам в их зоне распределение частот, а национальные комитеты в рамках рекомендаций вводят свои ограничения. Дабы не раздувать описание сверх меры, рассмотрим распределение частот в американском регионе, Европе и в нашей стране.

В целом для радиоуправления используется первая половина УКВ диапазона радиоволн. В американском регионе это диапазоны 50, 72 и 75 МГц. Причем 72 МГц - исключительно для летающих моделей. В Европе разрешены диапазоны 26, 27, 35, 40 и 41 МГц. Первый и последний во Франции, остальные по всему ЕС. В родном отечестве разрешенными являются диапазон 27 МГц и с 2001 года небольшой участок диапазона 40 МГц. Такой узкий расклад радиочастот мог бы сдерживать развитие радиомоделизма. Но, как верно подмечено русскими мыслителями еще в 18 веке "строгость законов на Руси компенсируется лояльностью к их неисполнению". Реально в России и на территории бывшего СССР широко используются диапазоны 35 и 40 МГц по европейской раскладке. Некоторые пытаются использовать американские частоты, и иногда успешно. Однако чаще всего эти попытки срываются помехами УКВ-радиовещания, которое с советских времен использует как раз этот диапазон. В диапазоне 27-28 МГц радиоуправление разрешено, но использовать его можно только для наземных моделей. Дело в том, что этот диапазон отдан также под гражданскую связь. Там работает огромное количество станций типа "Воки-токи". Вблизи промышленных центров помеховая обстановка в этом диапазоне очень плохая.

Диапазоны 35 и 40 МГц наиболее приемлемы в России, причем последний разрешен законодательством, правда, не весь. Из 600 килогерц этого диапазона у нас легализовано только 40, с 40,660 по 40,700 МГц (см. Решение ГКРЧ России от 25.03.2001, Протокол N7/5). То есть, из 42 каналов у нас официально разрешены только 4. Но и в них могут быть помехи от других радиосредств. В частности, в СССР было выпущено около 10000 радиостанций "Лен" для использования в строительном и агропромышленном комплексе. Они работают в диапазоне 30 - 57 МГц. Большая их часть до сих пор активно эксплуатируется. Поэтому и здесь от помех никто не застрахован.

Заметим, что законодательство многих стран разрешает к использованию для радиоуправления и вторую половину УКВ-диапазона, однако серийно такая аппаратура не выпускается. Это связано со сложностью в недавнем прошлом технической реализации частотообразования в диапазоне выше 100 МГц. В настоящее время элементная база позволяет легко и дешево формировать несущую до 1000 МГц, однако инерционность рынка пока тормозит массовое производство аппаратуры в верхней части УКВ-диапазона.

Для обеспечения надежной бесподстроечной связи частота несущей передатчика и частота приема приемника должны быть достаточно стабильны и переключаемыми, чтобы обеспечить совместную беспомеховую работу нескольких комплектов аппаратуры в одном месте. Эти задачи решаются использованием в качестве частотозадающего элемента кварцевого резонатора. Чтобы иметь возможность переключения частот кварцы делаются сменными, т.е. в корпусах передатчика и приемника предусматривается ниша с разъемом, и кварц нужной частоты легко меняется прямо в поле. С целью обеспечения совместимости частотные диапазоны разбиты на отдельные частотные каналы, которые еще и пронумерованы. Интервал между каналами определен в 10 кГц. К примеру, частота 35,010 МГц соответствует 61 каналу, 35,020 - 62 каналу, а 35,100 - 70 каналу.

Совместная работа двух комплектов радиоаппаратуры на одном поле на одном частотном канале в принципе невозможна. Оба канала будут непрерывно "глючить" вне зависимости от того, в каких режимах они работают АМ, FM или PCM. Совместимость достигается только при переключении комплектов аппаратуры на разные частоты. Как это достигается практически? Каждый приехавший на летное поле, автотрассу или водоем обязан осмотреться, нет ли здесь других моделистов. Если они есть, надо обойти каждого и поинтересоваться, в каком диапазоне и на каком канале работает его аппаратура. Если находится хоть один моделист, у которого канал совпадает с вашим, а сменных кварцев у Вас нет, договаривайтесь с ним, чтобы включать аппаратуру только по очереди, и вообще, держитесь к нему поближе. На соревнованиях частотная совместимость аппаратуры разных участников это забота организаторов и судей. За рубежом для опознавания каналов принято на антенну передатчика прикреплять специальные вымпелы, цвет которых определяет диапазон, а цифры на нем - номер (и частоту) канала. Однако, у нас лучше придерживаться описанного выше порядка. Более того, поскольку на соседних каналах передатчики могут мешать друг другу вследствие иногда встречающегося синхронного ухода частоты передатчика и приемника, осторожные моделисты стараются не работать на одном поле на соседних частотных каналах. То есть, каналы выбирают так, чтобы между ними был хотя бы один свободный.

Для наглядности приведем таблицы номеров каналов для Европейской раскладки:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |  |
| --- | --- |
| **Номер канала**  | **Частота МГц** |
| 4  | 26,995  |
| 7  | 27,025  |
| 8  | 27,045  |
| 12  | 27,075  |
| 14  | 27,095  |
| 17  | 27,125  |
| 19  | 27,145  |
| 24  | 27,195  |
| 30  | 27,255  |
| 61  | 35,010 |
| 62  | 35,020 |
| 63  | 35,030 |
| 64  | 35,040 |
| 65  | 35,050 |
| 66  | 35,060 |
| 67  | 35,070 |
| 68  | 35,080 |
| 69  | 35,090 |
| 70  | 35,100 |
| 71  | 35,110 |
| 72  | 35,120 |
| 73  | 35,130 |
| 74  | 35,140 |
| 75  | 35,150 |
| 76  | 35,160 |
| 77  | 35,170 |
| 78  | 35,180 |
| 79  | 35,190 |
| 80  | 35,200 |
| 182  | 35,820 |
| 183  | 35,830 |
| 184  | 35,840 |
| 185  | 35,850 |
| 186  | 35,860 |
| 187  | 35,870 |
| 188  | 35,880 |
| 189  | 35,890 |
| 190  | 35,900 |
| 191  | 35,910 |
| 50  | 40,665  |
| 51  | 40,675  |

 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Номер канала**  | **Частота МГц** |
| 52 | 40,685 |
| 53  | 40,695  |
| 54  | 40,715 |
| 55  | 40,725 |
| 56  | 40,735 |
| 57  | 40,765 |
| 58  | 40,775 |
| 59  | 40,785 |
| 81  | 40,815 |
| 82  | 40,825 |
| 83  | 40,835 |
| 84  | 40,865 |
| 85  | 40,875 |
| 86  | 40,885 |
| 87  | 40,915 |
| 88  | 40,925 |
| 89  | 40,935 |
| 90  | 40,965 |
| 91  | 40,975 |
| 92  | 40,985 |
| 400  | 41,000 |
| 401  | 41,010 |
| 402  | 41,020 |
| 403  | 41,030 |
| 404  | 41,040 |
| 405  | 41,050 |
| 406  | 41,060 |
| 407  | 41,070 |
| 408  | 41,080 |
| 409  | 41,090 |
| 410  | 41,100 |
| 411  | 41,110 |
| 412  | 41,120 |
| 413  | 41,130 |
| 414  | 41,140 |
| 415  | 41,150 |
| 416  | 41,160 |
| 417  | 41,170 |
| 418  | 41,180 |
| 419  | 41,190 |
| 420  | 41,200 |

 |

Жирным шрифтом выделены каналы, разрешенные законом к применению в России. В диапазоне 27 МГц приведены только предпочтительные каналы. В Европе межканальный интервал составляет 10 кГц.

А вот таблица раскладки для Америки:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |  |
| --- | --- |
| **Номер канала**  | **Частота МГц** |
| A1  | 26,995 |
| A2  | 27,045 |
| A3  | 27,095 |
| A4  | 27,145 |
| A5  | 27,195 |
| A6  | 27,255 |
| 00  | 50,800 |
| 01  | 50,820 |
| 02  | 50,840 |
| 03  | 50,860 |
| 04  | 50,880 |
| 05  | 50,900 |
| 06  | 50,920 |
| 07  | 50,940 |
| 08  | 50,960 |
| 09  | 50,980 |
| 11  | 72,010 |
| 12  | 72,030 |
| 13  | 72,050 |
| 14  | 72,070 |
| 15  | 72,090 |
| 16  | 72,110 |
| 17  | 72,130 |
| 18  | 72,150 |
| 19  | 72,170 |
| 20  | 72,190 |
| 21  | 72,210 |
| 22  | 72,230 |
| 23  | 72,250 |
| 24  | 72,270 |
| 25  | 72,290 |
| 26  | 72,310 |
| 27  | 72,330 |
| 28  | 72,350 |
| 29  | 72,370 |
| 30  | 72,390 |
| 31  | 72,410 |
| 32  | 72,430 |
| 33  | 72,450 |
| 34  | 72,470 |
| 35  | 72,490 |
| 36  | 72,510 |
| 37  | 72,530 |
| 38  | 72,550 |
| 39  | 72,570 |
| 40  | 72,590 |
| 41  | 72,610 |
| 42  | 72,630 |

 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Номер канала**  | **Частота МГц** |
| 43  | 72,650 |
| 44  | 72,670 |
| 45  | 72,690 |
| 46  | 72,710 |
| 47  | 72,730 |
| 48  | 72,750 |
| 49  | 72,770 |
| 50  | 72,790 |
| 51  | 72,810 |
| 52  | 72,830 |
| 53  | 72,850 |
| 54  | 72,870 |
| 55  | 72,890 |
| 56  | 72,910 |
| 57  | 72,930 |
| 58  | 72,950 |
| 59  | 72,970 |
| 60  | 72,990 |
| 61  | 75,410 |
| 62  | 75,430 |
| 63  | 75,450 |
| 64  | 75,470 |
| 65  | 75,490 |
| 66  | 75,510 |
| 67  | 75,530 |
| 68  | 75,550 |
| 69  | 75,570 |
| 70  | 75,590 |
| 71  | 75,610 |
| 72  | 75,630 |
| 73  | 75,650 |
| 74  | 75,670 |
| 75  | 75,690 |
| 76  | 75,710 |
| 77  | 75,730 |
| 78  | 75,750 |
| 79  | 75,770 |
| 80  | 75,790 |
| 81  | 75,810 |
| 82  | 75,830 |
| 83  | 75,850 |
| 84  | 75,870 |
| 85  | 75,890 |
| 86  | 75,910 |
| 87  | 75,930 |
| 88  | 75,950 |
| 89  | 75,970 |
| 90  | 75,990 |

 |

В Америке нумерация своя, а межканальный интервал уже 20 кГц.

Чтобы разобраться до конца с кварцевыми резонаторами, мы забежим несколько вперед и скажем пару слов о приемниках. Все приемники в серийно выпускаемой аппаратуре построены по схеме супергетеродина с одним либо с двумя преобразованиями. Что это такое мы объяснять не будем, кто знаком с радиотехникой, тот поймет. Так вот, частотообразование в передатчике и приемнике разных производителей происходит по-разному. В передатчике кварцевый резонатор может возбуждаться на основной гармонике, после чего его частота удваивается, либо утраивается, а может и сразу на 3-й или 5-й гармонике. В гетеродине приемника частота возбуждения может быть как выше частоты канала, так и ниже на величину промежуточной частоты. В приемниках двойного преобразования две промежуточные частоты (как правило, 10,7 МГц и 455 кГц), поэтому число возможных комбинаций еще выше. Т.е. частоты кварцевых резонаторов передатчика и приемника никогда не совпадают, как с частотой сигнала, которая будет излучаться передатчиком, так и между собой. Поэтому производители аппаратуры договорились указывать на кварцевом резонаторе не его реальную частоту, как это принято в остальной радиотехнике, а его предназначение ТХ - передатчик, RX - приемник, и частоту (или номер) канала. Если кварцы приемника и передатчика поменять местами, аппаратура работать не будет. Правда, есть одно исключение: некоторые аппараты с АМ могут работать и с перепутанными кварцами, при условии, что оба кварца на одной гармонике, однако частота в эфире будет на 455 кГц больше или меньше, чем обозначенная на кварце. Хотя, дальность при этом упадет.

Выше было отмечено, что в режиме РРМ могут совместно работать передатчик и приемник разных производителей. Как быть с кварцевыми резонаторами? Чьи куда ставить? Можно рекомендовать ставить в каждый прибор родной кварцевый резонатор. Довольно часто это помогает. Но не всегда. К сожалению, допуски на точность изготовления кварцевых резонаторов разных производителей существенно различаются. Поэтому возможность совместной работы конкретных компонентов разных производителей и с разными кварцами можно установить только опытным путем.

И еще. В принципе, на аппаратуре одного производителя можно в некоторых случаях ставить кварцевые резонаторы другого производителя, но мы этого делать не рекомендуем. Кварцевый резонатор характеризуется не только частотой, но и рядом других параметров, таких как добротность, динамическое сопротивление и т.п. Производители проектируют аппаратуру под конкретный тип кварца. Применение другого в целом может снизить надежность работы радиоуправления.

Краткие итоги:

* Приемнику и передатчику требуются кварцы именно того диапазона, на который они рассчитаны. Кварцы на другой диапазон работать не будут.
* Кварцы лучше брать того же производителя, что и аппаратура, иначе работоспособность не гарантирована.
* При покупке кварца для приемника нужно уточнить, он с одним преобразованием или нет. Кварцы для приемников двойного преобразования не будут работать в приемниках с одинарным преобразованием, и наоборот.

**Разновидности приемников**

Как мы уже указывали, на управляемой модели устанавливается приемник.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Приемники аппаратуры радиоуправления рассчитаны на работу только с одним видом модуляции и одним видом кодирования. Таким образом, есть приемники АМ, FM и РСМ. Причем РСМ у разных фирм разная. Если на передатчике можно просто переключить метод кодирования с РСМ на РРМ, то приемник надо заменять на другой.

Приемник выполнен по схеме супергетеродина с двумя, либо с одним преобразованием. Приемники с двумя преобразованиями имеют в принципе лучшую избирательность, т.е. лучше отсеивают помехи с частотами за пределами рабочего канала. Как правило, они дороже, однако их применение оправдано для дорогих, особенно летающих моделей. Как уже отмечалось, кварцевые резонаторы на один и тот же канал у приемников с двумя и одним преобразованием разные и не взаимозаменяемые.

Если расположить приемники по возрастанию степени помехоустойчивости (и, к сожалению, цены), то ряд будет выглядеть так:

* одно преобразование и АМ
* одно преобразование и FM
* два преобразования и FM
* одно преобразование и РСМ
* два преобразования и РСМ

Выбирая из этого ряда приемник для Вашей модели, нужно учитывать ее предназначение и стоимость. Неплохо с точки зрения помехозащищенности на тренировочную модель поставить РСМ-приемник. Но, вогнав модель в бетон при обучении, Вы облегчите свой кошелек на гораздо большую сумму, чем с FM-приемником одного преобразования. Аналогично, поставив на вертолет АМ-приемник, либо упрощенный FM-приемник, Вы потом об этом серъезно пожалеете. Особенно, если летать вблизи крупных городов с развитой промышленностью.

Приемник может работать только в одном диапазоне частот. Переделка приемника с одного диапазона на другой теоретически возможна, но экономически вряд ли оправдана, поскольку велика трудоемкость этой работы. Провести ее могут только высококвалифицированные инженеры в условиях радиолаборатории. Некоторые диапазоны частот для приемников разбиты на поддиапазоны. Это обусловлено большой шириной диапазона (1000 кГц) при сравнительно низкой первой ПЧ (455 кГц). В этом случае основной и зеркальный каналы попадают в полосу пропускания преселектора приемника. Обеспечить при этом избирательность по зеркальному каналу в приемнике с одним преобразованием вообще невозможно. Поэтому, в европейской раскладке диапазон 35 МГц разбит на два участка: с 35,010 по 35,200 - это поддиапазон "А" (каналы с 61 по 80); с 35,820 по 35,910 - поддиапазон "В" (каналы с 182 по 191). В американской раскладке в диапазоне 72 МГц также выделены два поддиапазона: с 72,010 по 72,490 поддиапазон "Low" (каналы с 11 по 35); с 72,510 по 72,990 - "High" (каналы с 36 по 60). Для разных поддиапазонов выпускаются разные приемники. В диапазоне 35 МГц они невзаимозаменяемые. В диапазоне 72 МГц они частично взаимозаменяемы на частотных каналах вблизи границы поддиапазонов.

Следующий признак разновидности приемников - число каналов управления. Приемники выпускаются с числом каналов от двух до двенадцати. При этом схемотехнически, т.е. по их "потрохам", приемники на 3 и 6 каналов могут вообще не различаться. Это означает, что в трехканальном приемнике могут иметься декодированные сигналы четвертого, пятого и шестого каналов, но к ним не сделаны разъемы на плате для подключения дополнительных сервомашинок.

Для полного использования разъемов на приемниках часто не делают отдельного разъема питания. В случае, когда не ко всем каналам подключены сервомашинки, кабель питания от бортового выключателя подключается к любому свободному выходу. Если же все выходы задействованы, то одна из сервомашинок подключается к приемнику через разветвитель (так называемый Y-кабель), к которому подключается питание. При питании приемника от силового аккумулятора через регулятор хода с функцией ВЕС, специального питающего кабеля вообще не нужно - питание поступает по сигнальному кабелю регулятора хода. Большинство приемников рассчитано на питание номинальным напряжением 4,8 вольт, что соответствует батарее из четырех никель-кадмиевых аккумуляторов. Некоторые приемники допускают использование бортового питания из 5 аккумуляторов, что улучшает скоростные и силовые параметры некоторых сервомашинок. Здесь надо быть внимательным к инструкции по эксплуатации. Приемники, не рассчитанные на повышенное напряжение питания, в этом случае могут сгореть. То же самое касается рулевых машинок, у которых может резко упасть ресурс.

Приемники для наземных моделей выпускают часто с укороченной проволочной антенной, которую легче разместить на модели. Удлинять ее не следует, поскольку это не увеличит, а уменьшит дальность надежной работы аппаратуры радиоуправления.

Для моделей судов и автомобилей выпускаются приемники во влагозащитном корпусе:

Для спортсменов выпускаются приемники с синтезатором. Здесь нет сменного кварца, а рабочий канал задается многопозиционными переключателями на корпусе приемника:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

С появлением класса сверхлегких летающих моделей, - комнатных, начат выпуск специальных очень маленьких и легких приемников:



|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Эти приемники часто не имеют жесткого полистиролового корпуса и оформлены в термоусаживаемой ПВХ-трубке. В них могут встраиваться интегрированный регулятор хода, что в целом снижает вес бортовой аппаратуры. При жесткой борьбе за граммы, допускается использовать миниатюрные приемники без корпуса вообще. В связи с активным применением в сверхлегких летающих моделях литий-полимерных аккумуляторов (у них удельная емкость в разы больше, чем у никелевых), появились специализированные приемники с широким диапазоном питающего напряжения и встроенным регулятором хода:

Подытожим сказанное выше.

* Приемник работает только в одном диапазоне (поддиапазоне) частот
* Приемник работает только с одним видом модуляции и кодирования
* Приемник надо выбирать соответственно предназначению и стоимости модели. Нелогично на модель вертолета ставить АМ-приемник, а на простейшую тренировочную модель - РСМ-приемник с двойным преобразованием.

**Устройство приемника**

Как правило, приемник размещен в компактном корпусе и выполнен на одной печатной плате. К ней прикреплена проволочная антенна. В корпусе имеется ниша с разъемом под кварцевый резонатор и контактные группы разъемов, для подключения исполнительных устройств, таких как сервомашинки и регуляторы хода.

На печатной плате смонтирован собственно приемник радиосигнала и декодер.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Сменный кварцевый резонатор задает частоту первого (единственного) гетеродина. Значения промежуточных частот стандартное для всех производителей: первая ПЧ - 10,7 МГц, вторая (единственная) 455 кГц.

Выход каждого канала декодера приемника выведен на трехконтактный разъем, где кроме сигнального имеются контакты земли и питания. По структуре сигнал представляет собой однократный импульс с периодом в 20 мс и длительностью, равной величине канального импульса РРМ сигнала, сформированного в передатчике. РСМ-декодер на выходе имеет такой же сигнал, как и РРМ. Кроме того, PCM-декодер содержит в себе так называемый модуль Fail-Safe, который позволяет при пропадании радиосигнала привести рулевые машинки в заранее заданное положение. Подробнее об этом написано в статье "[PPM или PCM?](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/ppm_pcm)".

Некоторые модели приемников имеют специальный разъем для обеспечения функции DSC (Direct servo control) - прямое управление сервомашинками. Для этого специальным кабелем соединяется тренерский разъем передатчика и разъем DSC приемника. После чего при выключенном ВЧ-модуле (даже при отсутствии кварцев и неисправной ВЧ части приемника) передатчик напрямую управляет сервомашинками на модели. Функция бывает полезной для наземной отладки модели, чтобы напрасно не засорять эфир, а также для поиска возможных неисправностей. Заодно DSC кабель используется для измерения напряжения питания бортового аккумулятора - во многих дорогих моделях передатчиков это предусмотрено.

К сожалению, приемники ломаются гораздо чаще, чем это хотелось бы. Главными причинами являются удары при крушениях моделей и сильные вибрации от мотоустановок. Чаще всего это происходит, когда моделист при размещении приемника внутри модели пренебрегает рекомендациями по амортизации приемника. Здесь трудно перестараться, и чем больше поролона и губчатой резины задействуется, тем лучше. Самым чувствительным к ударам и вибрациям элементом является сменный кварцевый резонатор. Если после удара у вас заглючит приемник, - попробуйте сменить кварц, - в половине случаев это помогает.

**Борьба с бортовыми помехами**

Несколько слов о помехах на борту модели и как с ними бороться. Помимо помех с эфира, на самой модели могут быть источники собственных помех. Они расположены близко к приемнику и, как правило, имеют широкополосное излучение, т.е. действуют сразу на всех частотах диапазона, а потому последствия их могут быть плачевными. Типичным источником помех является коллекторный тяговый электродвигатель. С его помехами научились бороться путем питания его через специальные помехозащитные цепи, состоящие из шунтирующего на корпус каждую щетку конденсатора и последовательно включенного дросселя. Для мощных электродвигателей используют раздельное питание самого двигателя и приемника от отдельного, не ходового аккумулятора. В регуляторе хода предусматривается оптоэлектронная развязка цепей управления от силовых цепей. Как ни странно, но бесколлекторные электродвигатели создают не меньший уровень помех, чем коллекторные. Поэтому для мощных моторов лучше использовать регуляторы хода с опторазвязкой и для питания приемника отдельный аккумулятор.

На моделях с бензиновыми двигателями и искровым зажиганием последнее является источником мощных помех в широком диапазоне частот. Для борьбы с помехами используют экранирование высоковольтного кабеля, наконечника свечи и всего модуля зажигания. Системы зажигания с магнето создают помехи несколько меньшего уровня, чем электронные. В последних питание осуществляется обязательно от отдельного аккумулятора, не от бортового. Кроме того, используют пространственное разнесение бортовой аппаратуры от системы зажигания и мотора на минимум четверть метра.

Третьим по значимости источником помех являются сервомашинки. Заметными их помехи становятся на больших моделях, где установлено много мощных сервоприводов, а кабели, соединяющие приемник с сервами становятся длинными. В данном случае помогает надевание на кабель вблизи приемника небольших ферритовых колец так, чтобы кабель сделал на кольце 3-4 витка. Это можно сделать самому, либо купить готовые фирменные удлиняющие сервокабели с ферритовыми колечками. Более радикальное решение - это использование для питания приемника и сервомашинок разных аккумуляторов. В этом случае все выходы приемника подключаются к сервокабелям через специальное устройство с опторазвязкой. Такое устройство можно сделать самому, либо купить готовое фирменное.

В завершение упомянем о том, что пока не очень распространено в России - о моделях гигантах. К ним можно отнести летающие модели весом более восьми - десяти килограмм. Отказ радиоканала с последующим крушением модели в этом случае чреват не только материальными потерями, которые в абсолютной величине немалые, но и создает угрозу для жизни и здоровья окружающих. Поэтому законодательства многих стран обязывают моделистов использовать на таких моделях полное дублирование бортовой аппаратуры: т.е. два приемника, два бортовых аккумулятора, два комплекта сервомашинок, которые управляют двумя комплектами рулей. В этом случае любой одиночный отказ не приводит к крушению, а только несколько снижает эффективность рулей.

**Самодельная аппаратура?**

В заключение несколько слов к желающим самостоятельно изготовить аппаратуру радиоуправления. На взгляд авторов, занимающихся радиолюбительством много лет, в большинстве случаев это не оправдано. Желание сэкономить на покупке готовой серийной аппаратуры обманчиво. Да и результат вряд ли обрадует своим качеством. Если не хватает средств даже на простой комплект аппаратуры, - берите бывший в употреблении. Современные передатчики устаревают морально раньше, чем изнашиваются физически. Если вы уверены в своих возможностях, возьмите по бросовой цене неисправный передатчик или приемник - его ремонт даст все равно лучший результат, чем самоделка.

Помните, что "неправильный" приемник - это максимум одна загубленная своя модель, а вот "неправильный" передатчик своими внеполосными радиоизлучениями может побить кучу чужих моделей, которые могут оказаться более дорогими, чем своя.

На тот случай, если тяга к изготовлению схем непреодолима, покопайтесь сначала в интернете. Очень велика вероятность, что вы сможете найти готовые схемы, - это сэкономит вам время и позволит избежать многих ошибок.

Для тех, кто в душе больше радиолюбитель, чем моделист, есть широкое поле для творчества, особенно там, куда еще не дошел серийный производитель. Вот несколько тем, за которые стоит браться самому:

* Если есть фирменный корпус от дешевой аппаратуры, можно попробовать изготовить туда компьютерную начинку. Хорошую примером тут будет [MicroStar 2000](http://www.rcdesign.ru/r.php?http://mstar2k.com) - любительская разработка, имеющая полную документацию.
* В связи с бурным развитием комнатных радиомоделей, представляет определенный интерес изготовление модуля передатчика и приемника, использующих инфракрасные лучи. Такой приемник можно сделать меньше (легче), чем лучшие миниатюрные радиоприемники, намного дешевле, и встроить в него ключ управления электромотором. Дальности инфракрасного канала в спортзале вполне хватит.
* В любительских условиях можно довольно успешно делать несложную электронику: регуляторы хода, бортовые микшеры, тахометры, зарядные устройства. Это намного проще, чем сделать начинку для передатчика, и обычно более оправдано.

**Заключение**

Прочитав статьи по передатчикам и приемникам аппаратуры радиоуправления, вы смогли решить, какая аппаратура вам нужна. Но часть вопросов, как всегда, осталась. Один из них - как покупать аппаратуру: россыпью, или комплектом, в который входит передатчик, приемник, аккумуляторы к ним, сервомашинки и зарядное устройство. Если это первый аппарат в вашей моделистской практике, - лучше брать комплектом. Этим вы автоматически решаете проблемы совместимости и комплектования. Потом, когда ваш модельный парк увеличится, можно будет докупать отдельно приемники и сервомашинки, уже сообразуясь с иными требованиями новых моделей.

При использовании повышенного напряжения бортового питания с аккумулятором на пяти банках, выбирайте приемник, который может справиться с таким напряжением. Обращайте также внимание на совместимость покупаемого отдельно приемника с вашим передатчиком. Приемники выпускает гораздо большее число фирм, чем передатчики.

Два слова о детали, которой часто пренебрегают начинающие моделисты, - о выключателе бортового питания. Специализированные выключатели изготовлены в вибростойком исполнении. Замена их на непроверенные тумблеры или переключатели от радиоаппаратуры может стать причиной отказа в полете со всеми вытекающими последствиями. Будте внимательны и к главному и к мелочам. В радиомоделизме нет второстепенных деталей. Иначе может быть по Жванецкому: "одно неверное движение - и вы отец".