

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ГИБРИДНОЙ
СИСТЕМЫ HD-РАДИО ПРИ РАДИОПРИЕМЕ
АНАЛОГОВОГО И ЦИФРОВОГО СИГНАЛОВ**

БАЛАН Н.М.
ГП УНИИРТ

ИСКЕНДЕРЗАДЕ Ш.Г.

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

**HD-RADIO HYBRID SYSTEM CHARACTERISTICS RESEARCH
USING ANALOG AND DIGITAL SIGNALS**

BALAN N.M., ESKENDERZADE SH. G.

Проведение натурных испытаний и последующей субъективно - статистической оценки качества звуковоспроизведения гибридной системы HD-радио при радиоприеме аналогового и цифрового сигналов в автомобиле, который движется, в условиях города и его окрестностей осуществляется в диапазоне ОВЧ на частоте 101,1 МГц с использованием передающего оборудования HD-радио радиостанции „Мелодия” в г. Киеве.

На передающей стороне гибридный сигнал HD-радио формируется с аналогового ОВЧ ЧМ основного сигнала и стандартного цифрового сигнала с мощностью на 20 дБ ниже мощности основного ОВЧ ЧМ сигнала [1]. Он генерируется с помощью специализированного возбудителя HD-радио.

Мощность аналогового ОВЧ ЧМ передатчика 2 кВт, средняя мощность излучения цифрового передатчика 20 Вт.

Передающая антенна установлена на высоте 150 м над уровнем земли, диаграмма направленности круговая, коэффициент усиления по всем направлениям 8 дБ. Высота основы антенной опоры над уровнем моря 140 м.

Место дислокации передающей антенны: г. Киев, ул. Олеговская, 34 б; географические координаты: 50°27'55" северной широты, 30°30'20" восточной долготы.

Структурная схема смонтированного в автомобиле на приемной стороне оборудования, представлена на рис. 1.

Прием передач системы HD-радио осуществляется двумя радиоприемными устройствами (РПрУ), а именно – автомобильными приемниками JVC KD-HDR1. Выбор канала приема цифрового или аналогового сигнала осуществляется в радиоприемном устройстве.

Предварительно автомобильные приемники JVC KD-HDR1 подвергались тестированию, в ходе которого были определены их основные параметры и пригодность к использованию в испытаниях. При приеме аналогового сигнала полоса частот на линейных выходах каждого канала стереопары 30 – 15000 Гц, отклонения АЧХ каналов стереопары во всем диапазоне частот не превышают 0,5 дБ, переходные затухания между каналами стереопары – не хуже 35 дБ, уровень шума – минус 59 дБ.

Используется штыревая антенна длиной $\lambda/4$, а именно 75 см, с магнитным креплением к центру крыши автомобиля. Сигнал из антенны поступает на Splitter, в котором он разветвляется на антенные входы радиоприемников. Splitter имеет полосу частот 5 – 1000 МГц, потери сигнала на каждом выходе 3 дБ.

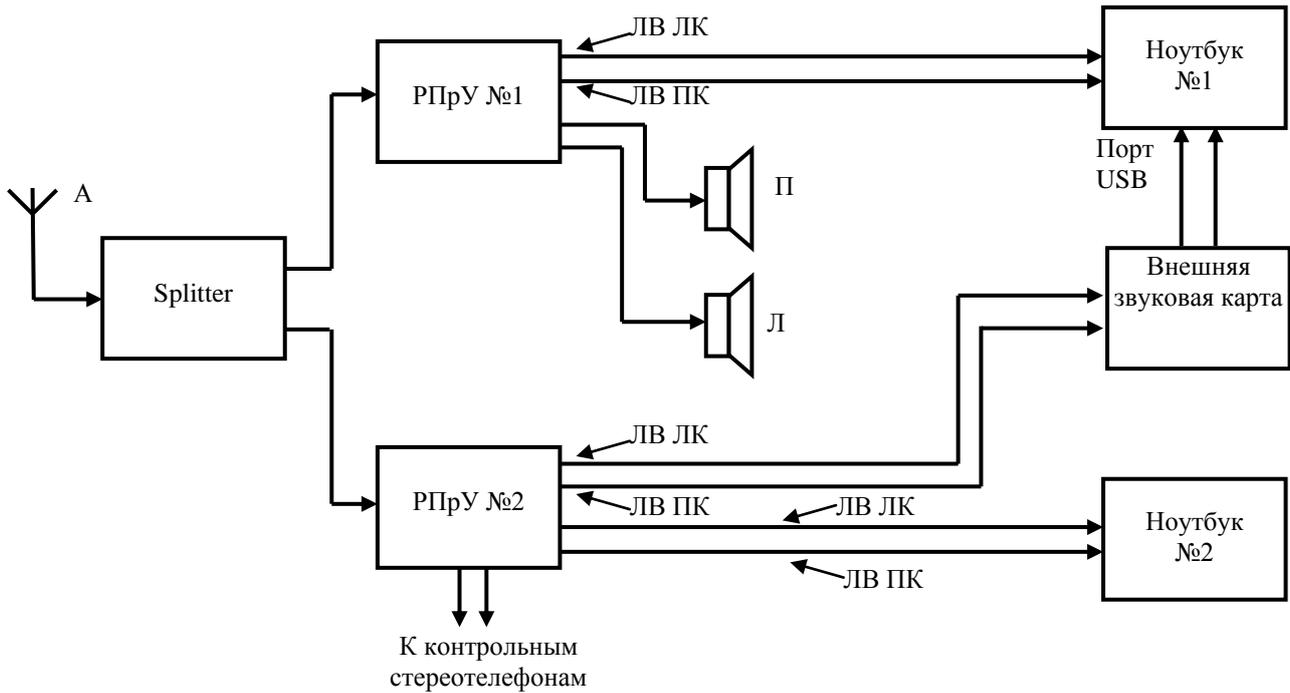


Рисунок 1 – Структурная схема приемной стороны

- A – антенна;
- РПрУ – радиоприемное устройство;
- ЛВ ЛК – линейный выход левого канала;
- ЛВ ПК – линейный выход правого канала;
- Л – громкоговоритель левого канала;
- П – громкоговоритель правого канала.

Передачи HD-радио радиостанции „Мелодия” в диапазоне ОВЧ на частоте 101,1 МГц принимаются РПрУ №1, настроенным на прием аналогового канала, и РПрУ №2, настроенным на прием основного цифрового канала, а именно канала с той же программой, которая идет в аналоговом канале.

Следует отметить, что именно с вещанием одной и той же программы в аналоговом и цифровом каналах одновременно передаются еще две других программы в двух цифровых каналах.

Стереосигналы аналогового канала из линейных выходов левого и правого каналов РПрУ №1 поступают на вход звуковой карты ноутбука №1.

Стереосигналы цифрового канала из линейных выходов левого и правого каналов РПрУ №2 поступают на вход звуковой карты ноутбука №2 и на вход внешней звуковой карты ноутбука №1, соединенной с ним через порт USB.

Ноутбук №1 осуществляет высококачественную запись одновременно двух пар стереосигналов – из аналогового и цифрового каналов двух радиоприемников с параметрами: 44,1 кГц, 16 бит, 320 кбит/с.

Ноутбук №2 осуществляет дополнительную высококачественную запись пар стереосигналов из цифрового канала радиоприемника №2 с параметрами: 44,1 кГц, 16 бит, 1400 кбит/с. В ноутбуке №2 установлена профессиональная компьютерная программа записи, обработки и воспроизведения звука «Cool Edit Pro 2.0».

Использованная компьютерная техника обеспечивает оцифровку аналогового сигнала с заданными параметрами и его следующее сохранение в памяти компьютера.

В дальнейшем при обработке и подготовке фрагментов звукового материала для проведения субъективно-статистической оценки качества звуковоспроизведения гибридной системы HD-радио использованная программа «Cool Edit Pro 2.0» позволяет с минимальными искажениями воссоздать записанный сигнал, представить на экране сигналограммы сигналов левого и правого каналов, позволяет сделать спектральный анализ каждого из избранных участков принятого сигнала и представить его в виде спектрограмм. С целью воспроизведения с минимальными искажениями записанного сигнала в стационарном ПК установлена звуковая карта студийного качества «Creative SB X-Fi Xtreme Audio New».

Прием сигнала HD-радио осуществляется в автомобиле, который движется по улицам города и автодорогах со скоростью 60 км/ч. Маршрут передвижения проходит под разными углами относительно направления на передающий центр, и показан жирной линией на карте г. Киева и его окраин на рис. 2. Номера в кружках соответствуют последовательности передвижения.

Участки автодорог, на которых проводились испытания, имеют рельеф преимущественно ровный, за исключением нескольких снижений (балок) длиной до 200 м и глубиной до 20 м на автобане Киев-Одесса.

За время испытаний на передающей стороне в аналоговом и цифровом каналах гибридной системы HD передаются речевые и музыкальные фрагменты звукового материала разных жанров.

Для испытаний выбраны участки: от уверенного и качественного приема переходящие к участкам, где должны быть наиболее плохие условия приема сигналов аналогового и цифрового каналов гибридной системы HD-радио.

По характерным условиям приема можно выделить следующие участки с проблемным приемом сигналов в диапазоне ОВЧ в условиях города и окраин:

- отдаленные участки кольцевой автодороги с интенсивным движением, со стохастическими экранированием и отражениями радиоволн от проходящего рядом автотранспорта;
- отдаленные участки автодорог с низкой напряженностью поля;
- отдаленные участки города с многоэтажной застройкой и многолучевым приемом.

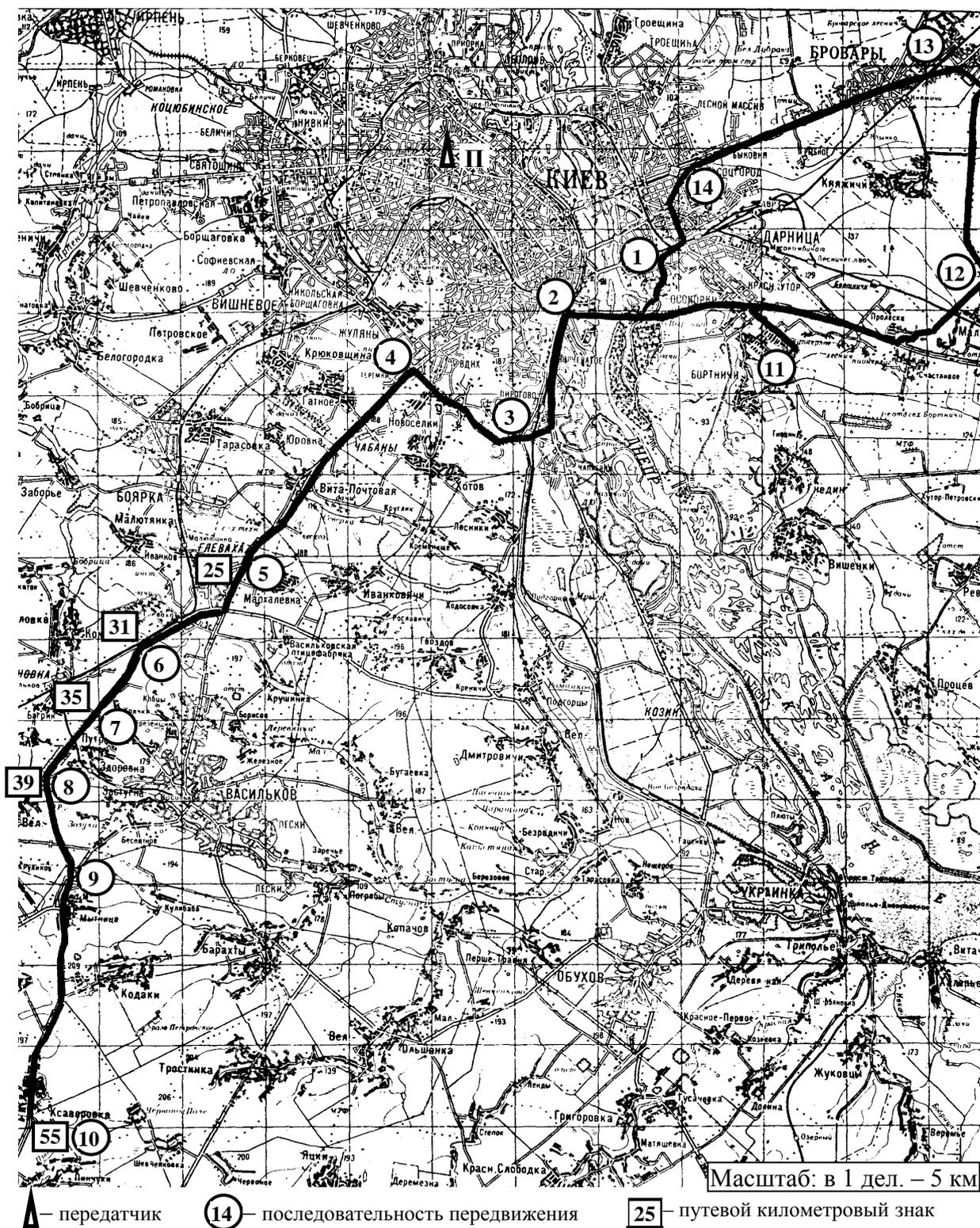


Рисунок 2 – Маршрут передвижения на карте г. Киева и его окрестностей

Учитывая, что определения параметров качества вещательного канала возможно лишь путем установления зависимостей между объективной мерой искажений и помех, которые возникают в канале, и качеством приема и субъективным восприятием звукового сигнала, то такие зависимости могут быть исследованы в процессе определения особенностей приема цифрового сигнала HD-радио и последующей субъективно-статистической экспертизы [1].

В этой работе подробно рассмотрим особенности приема цифрового сигнала HD-радио – первая часть исследований, а результаты проведения субъективно-статистической экспертизы принятого цифрового и аналогового сигналов рассмотрим в последующей второй части исследований.

Рассмотрим в соответствии с представленным на рис. 2 маршрутом передвижения на карте г. Киева и его окрестностей последовательностью передвижения, обозначенной кружочками от 1-го до 14 номера.

Первыми участками с проблемным приемом сигналов в диапазоне ОВЧ в условиях города и окраин являются отдаленные участки кольцевой автодороги с интенсивным движением со стохастическим экранированием и отражениями радиоволн от проходящего рядом автотранспорта.

На рис. 3 представлена сигналограмма левого и правого стереоканалов принятого цифрового сигнала HD-радио на участке кольцевой дороги в условиях интенсивного движения транспорта.

Отсутствие в несколько секунд приема цифрового сигнала HD-радио объясняется экранированием при въезде под длинный металлический мост. В аналоговом канале прием сопровождался заметным снижением качества. При дальнейшем передвижении по кольцевой автодороге качество приема цифрового сигнала HD-радио было достаточно высоким, прерываний не наблюдалось.

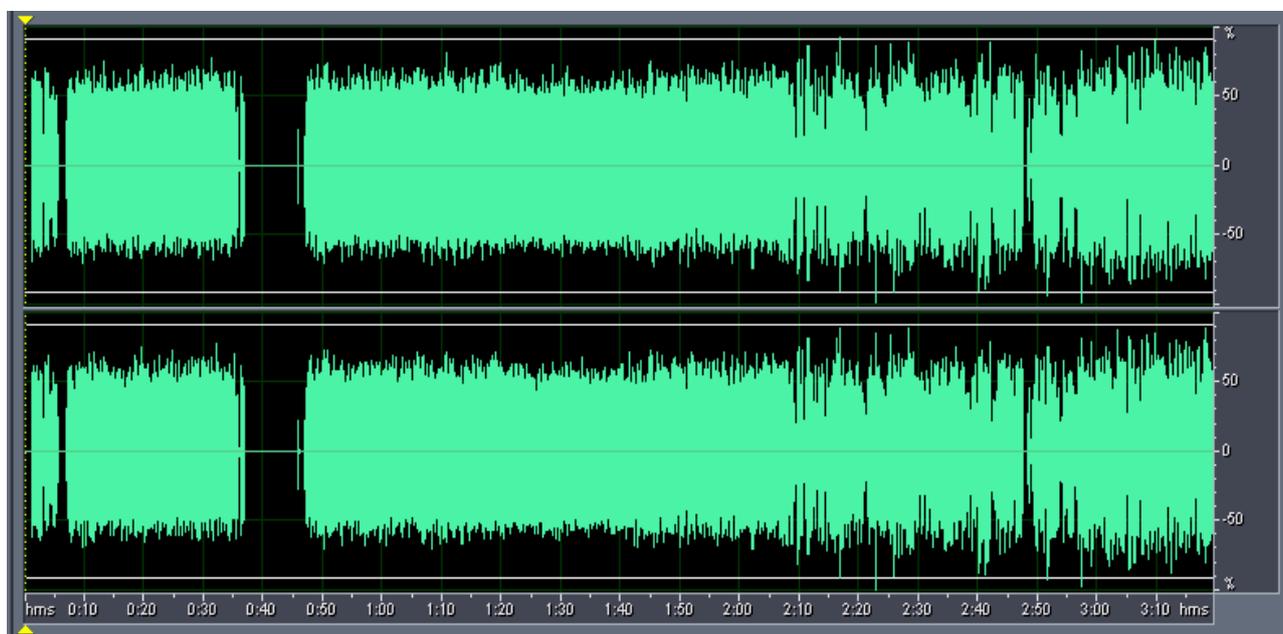


Рисунок 3 – Сигналограмма принятого цифрового сигнала HD-радио на участке кольцевой дороги в условиях интенсивного движения транспорта

Следующими участками с проблемным приемом сигналов в диапазоне ОВЧ являются отдаленные участки (в частности – автодорог) с низкой напряженностью поля, это участки на границе зоны обслуживания.

На рис. 4 представлена сигналограмма принятого цифрового сигнала на границе зоны обслуживания HD-радио на участке автобана Одесса-Киев. Запись произведена на 28 – 31 км автобана. Поскольку во всех последующих сигналограммах формы сигналов в левом и правом каналах отличаются не значительно будем приводить сигналограмму только одного канала – левого.

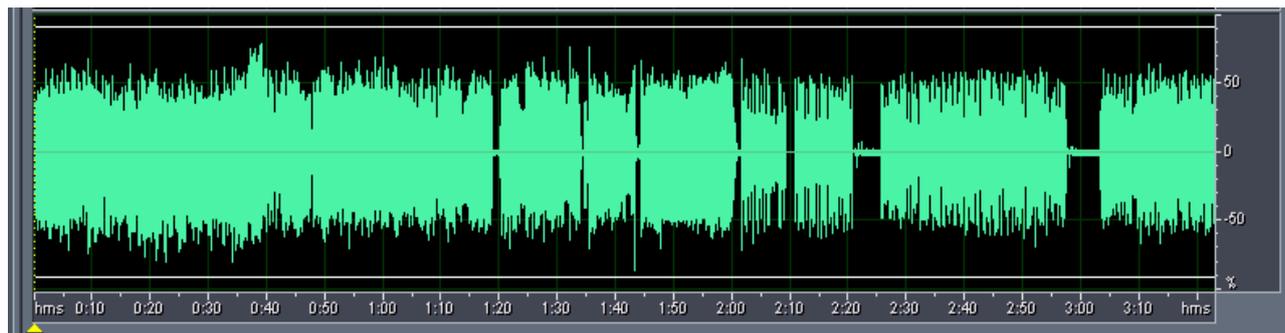


Рисунок 4 – Сигналограмма принятого цифрового сигнала на границе зоны обслуживания HD-радио на участке автобана Одесса-Киев (28 – 31 км)

Появляющиеся прерывания приема цифрового сигнала HD-радио в несколько секунд объясняется снижением напряженности поля до пороговых значений.

Полный выход из зоны обслуживания цифрового HD-радио наблюдается на рис. 5, где представлена сигналограмма принятого цифрового сигнала в конце зоны обслуживания HD-радио на участке автобана Одесса-Киев. Запись произведена на 31 – 38 км автобана.

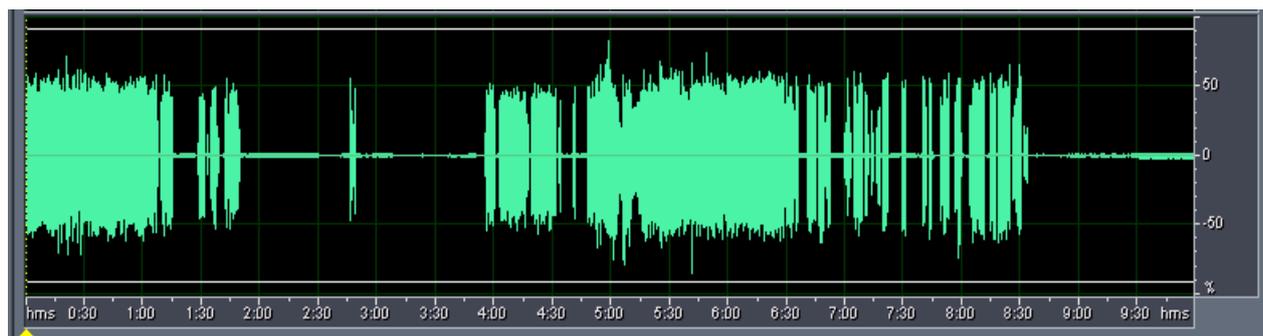


Рисунок 5 – Сигналограмма принятого цифрового сигнала в конце зоны обслуживания HD-радио на участке автобана Одесса-Киев (31 – 38 км)

Для сравнения покажем на рис. 6 сигналограмму принятого аналогового сигнала в конце зоны обслуживания цифрового HD-радио на том же участке автобана Одесса-Киев (31 – 38 км).

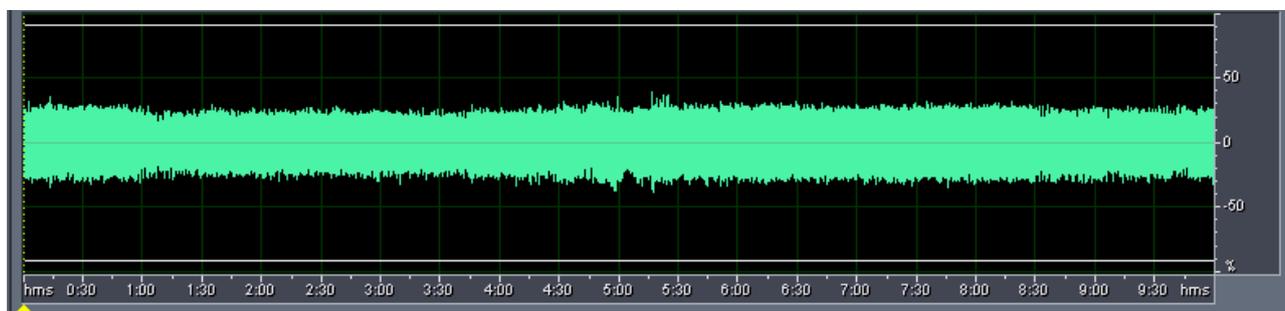


Рисунок 6 – Сигналограмма принятого аналогового сигнала в конце зоны обслуживания цифрового HD-радио на участке автобана Одесса-Киев (31 – 38 км)

Прием аналогового сигнала уверенный, а незначительное снижение качества аналогового сигнала – переход в монофонический режим и заметность шумов – становится заметным при движении до 55-го километра (дальнейшее перемещение не производилось).

Отдельными участками с проблемным приемом сигналов в диапазоне ОВЧ являются отдаленные участки города с многоэтажной застройкой и многолучевым приемом. Причем, такие участки выбирались там где было заметное снижение качества приема аналогового сигнала – появление искажений типа «центральная отсечка». Качество приема цифрового сигнала HD-радио было достаточно высоким, а на территории поиска в Харьковском жилмассиве г. Киева удалось найти только одну точку с характерным для цифрового приема прерыванием.

На рис. 7 представлена сигналограмма принятого цифрового сигнала HD-радио – в самом отдаленном участке города с многоэтажной застройкой и многолучевым приемом (Харьковский жилмассив г. Киева).

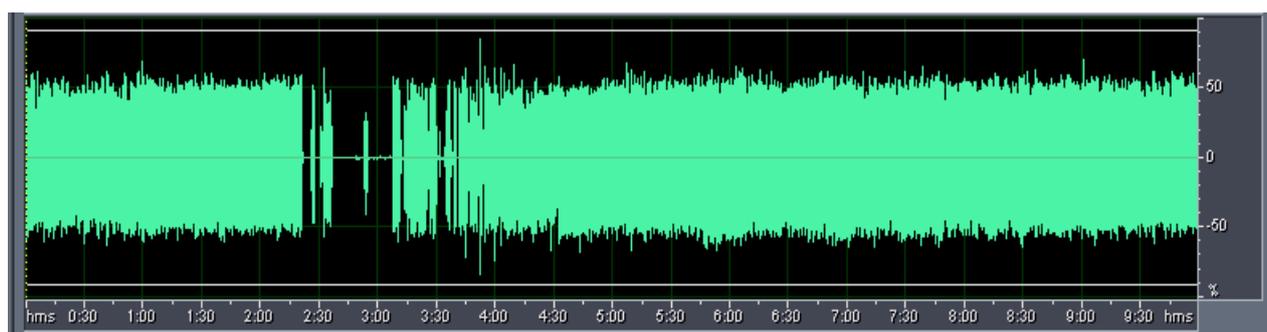


Рисунок 7 – Сигналограмма принятого цифрового сигнала HD-радио в самом отдаленном участке города с многоэтажной застройкой и многолучевым приемом (Харьковский жилмассив г. Киев)

Следует отметить, что качество приема цифрового сигнала HD-радио во всех названных выше и рассмотренных участках с проблемным приемом сигналов в диапазоне ОВЧ в условиях города и окраин было выше, чем качество приема аналогового сигнала.

При включении гибридного режима приема в случае пропадания сигнала в цифровом канале производится автоматическое переключение на замещение пропавшего сигнала сигналом из аналогового канала. При этом пропадание сигнала в цифровом канале становится незаметным.

ВЫВОДЫ

Исследование особенностей работы гибридной системы HD-радио при радиоприеме аналогового и цифрового сигналов, показало:

1) на отдаленных участках автодорог с низкой напряженностью поля прием цифрового канала HD-радио прекращается раньше чем прием аналогового канала HD-радио. Эта особенность приема поясняется значительно меньшей мощностью цифровых каналов (20 Вт) сравнительно с мощностью аналогового канала (2 кВт);

2) при работе приемника в гибридном режиме осуществляется автоматическое переключение цифрового канала на прием аналогового канала, обычно с качеством аналогового канала, которое в этом случае ниже чем качество при работе цифрового канала;

3) на отдаленных участках автодорог с низкой напряженностью поля качество приема цифрового канала HD-радио (в пороге прекращения приема) выше качества приема аналогового канала, в котором становятся заметны появляющиеся шумы;

4) преимущества приема цифрового канала HD-радио в особенности заметны в проблемных местах приема аналогового сигнала – в отдаленных участках города с многоэтажной застройкой и многолучевым приемом, когда в аналоговом канале заметны помехи типа „центральной отсечки”;

5) преимущества приема цифрового канала HD-радио значительно заметны на отдаленных участках кольцевой автодороги с интенсивным движением со стохастическими экранированием и отражениями радиоволн от проходящего рядом автотранспорта; когда в аналоговом канале уверенно заметны помехи типа „центральной отсечки”.

Литература

- 1 HD Radio Performance and ITU-R 412-9 Compatibility. Rev. 01. July 17, 2007.