

Основные понятия

Как из множества присутствующих радиосигналов найти опасный?

Как правило, вокруг нас присутствует большое количество сигналов, такие как сигналы базовых станций, сигналы WIFI, мобильных телефонов и многие другие. Но у всех этих сигналов есть одна отличительная особенность – они расположены снаружи проверяемого помещения и их мощность будет, как правило, меньше мощности излучаемой опасным передатчиком и равномерна по всей площади помещения.

Мощность опасного передатчика нам неизвестна. Но попробуем ее вычислить, исходя из следующих предположений:

1. расстояние от опасного передатчика до приемника установим 200 м;
2. чувствительность приемника зададим -114дБм (это значение для профессионального радиоприемника, способного принять звуковой сигнал с полосой 20КГц).

Ниже в таблицах 1, 2 приведены типичные значения чувствительности приемников для разных стандартов.

Таблица 1

Стандарт	Типичные значения чувствительности (дБм)	Примечания
Wi-Fi (802.11)	От -80 дБм (для высоких скоростей, например, 54 Мбит/с) до -100 дБм (для низких скоростей, например, 1 Мбит/с)	Чувствительность меняется в зависимости от скорости передачи данных.
Bluetooth Low Energy	Около -102 дБм	Известен своей энергоэффективностью и хорошей чувствительностью.
Сотовая связь	От -90 до -92 дБм (в обычных условиях)	Хорошим уровнем сигнала считается значение около -50 дБм, а слабым – ниже -100 дБм.
Радиостанции СВ/LPD/PMR	обычно лучше, чем -100 дБм	Часто измеряется в микровольтах (мкВ) при определенном соотношении сигнал/шум.

Типовые значения чувствительности приемников сигналов с фазовой или частотной модуляцией.

Таблица 2

Чувствительность в мкВ	Чувствительность в дБм	Класс приемника
0,3 мкВ	Около -117 дБм	Высококачественный / Профессиональный
0,5 мкВ	Около -114 дБм	Очень хороший бытовой / Профессиональный
1 мкВ	Около -107 дБм	Хороший бытовой
5 мкВ	Около -93 дБм	Типичный бытовой / Портативный

Вычисления будут построены на основе материалов, приведенных в документах и моделях:

- МСЭ-R P.525-3 "Расчет ослабления в свободном пространстве";
- European Commission: European cooperation on the field of scientific and technical research (EURO-COST 231);
- P.Kyosti et al. "WINNER II channel models".

При этом приняты следующие ограничения:

- потери во внешней стене здания – 10 дБ;
- потери во внутренней стене здания – 10 дБ;
- прочие потери, связанные с геометрией здания и взаимным расположением приемника и передатчика – 20 дБ;
- потери в антенно-фидерном устройстве и коэффициенты усиления антенн для передатчика и приемника не учитывались и приняты как – 0дБ.

Значения полученных мощностей передатчика указаны в таблице 3.

Таблица 3

Частота, МГц	200	500	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000
Мощность, дБм	-20	-12	-6	-2	0	4	6	8	10

Таким образом, мы видим, что для приема сигнала от опасного передатчика на расстоянии до 200 метров, приемником с чувствительностью -114дБм, минимальная мощность передатчика будет находиться в диапазоне от -20дБм до +10 дБм, и она зависит от частоты.

Передатчики с меньшей мощностью попросту не смогут передать сигнал на такое расстояние.

Так как опасный передатчик, как правило, будет расположен внутри проверяемого помещения, можно допустить, что потери от конструкций будут минимальные и применить формулу для расчета ослабления сигнала приведенную в МСЭ-R P.525-3.

Проведя расчет, мы получили значения минимальной мощности сигнала, принятого на Hunter-Pro от опасного передатчика. Это значение не зависит от частоты, но зависит от расстояния между опасным передатчиком и Hunter-Pro.

Вычисленные значения мощности приведены в таблице 4, при расчете приняты общие потери 5дБ.

Таблица 4

Расстояние до передатчика, м	1	2	3	4	5	6	7	8
Мощность опасного сигнала, дБм	-43	-49	-53	-55	-57	-59	-60	-61
Мощность пограничного сигнала, дБм	-49	-55	-59	-61	-63	-65	-66	-67

Введем еще один уровень сигнала, назовем его "пограничный сигнал". Уровень пограничного сигнала будет на 6 дБ меньше уровня опасного сигнала, что в расстоянии соответствует увеличению расстояния в два раза. Это сделано из-за присутствия в расчетах большого количества допущений, а именно:

- не учитывается коэффициент усиления антенны, а он сильно неравномерен для многих антенн;
- условно учтены потери, связанные с ослаблением сигнала при прохождении через конструкционные элементы помещения;
- сделано допущение о расстоянии 200 метров и чувствительности приемника в -114дБм;
- не учтены другие, менее значимые допущения.

Подведем итог. Все сигналы выше приведенных мощностей нужно считать потенциально опасными и требующим обязательной проверки.

Пример.

Размеры комнаты 3х3 метра высота 3 метра, Hunter-Pro расположен в центре помещения на высоте 1 метр. Максимальное расстояние до передатчика будет 3 метра. Все сигналы с мощностью более -53дБм будут потенциально опасными, и требуют обязательной проверки. Все сигналы от -59 дБм до -53 дБм считаются пограничными, и их проверка желательна.

Важно!

Антенны являются резонансными элементами и их коэффициент усиления сильно зависит от частоты. Мало того, значения усиления для разных антенн – разные. Для многодиапазонных антенн (в том числе идущая в комплекте с Hunter-Pro) для частот более 3000 МГц коэффициент усиления будет меньше и неравномерность его будет больше. Связано это с отсутствием скольнибудь значимых частотных диапазонов, исключения составляют сигналы WIFI 5G и сигналы 5G, а также сильным удорожанием материалов для производства антенн, работающих на этих частот. Поэтому для недорогих, серийно выпускаемых антенн, делать хорошие характеристики в этом частотном диапазоне нецелесообразно.

Рекомендуем для частот выше 3000 МГц проверять в обязательном порядке и "пограничные сигналы".

Алгоритм выявления опасных сигналов с применением программы Hunter SMS

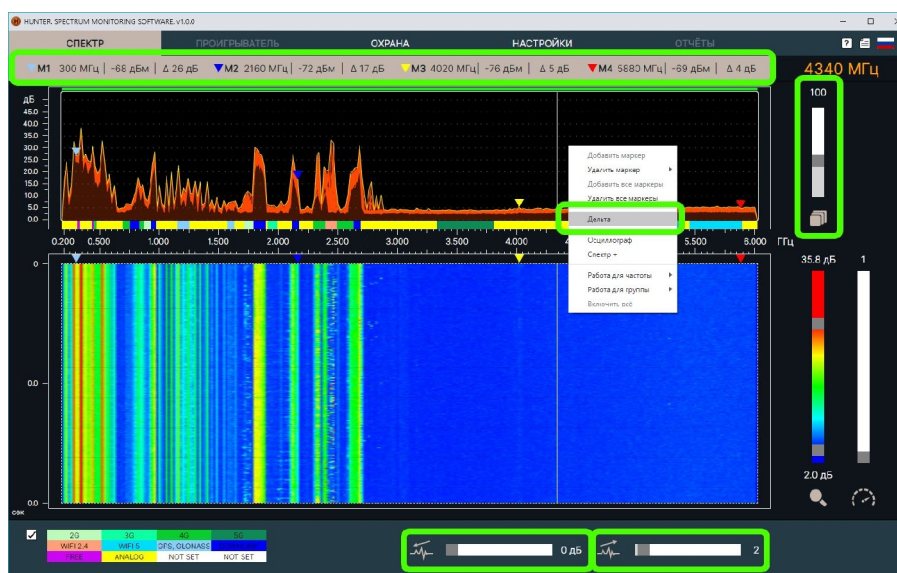
Расположите Hunter-Pro примерно в центре проверяемого помещения. Не располагайте прибор близко к стенам и массивным объектам.

Подключите Hunter-Pro к компьютеру и запустите программное обеспечение Hunter-SMS с установленным расширением "полное". Отключите на компьютере сигналы WIFI и Bluetooth. Выключите все мобильные телефоны в помещении.

Настройте прибор и программное обеспечение, как показано на рисунке 1, для этого:

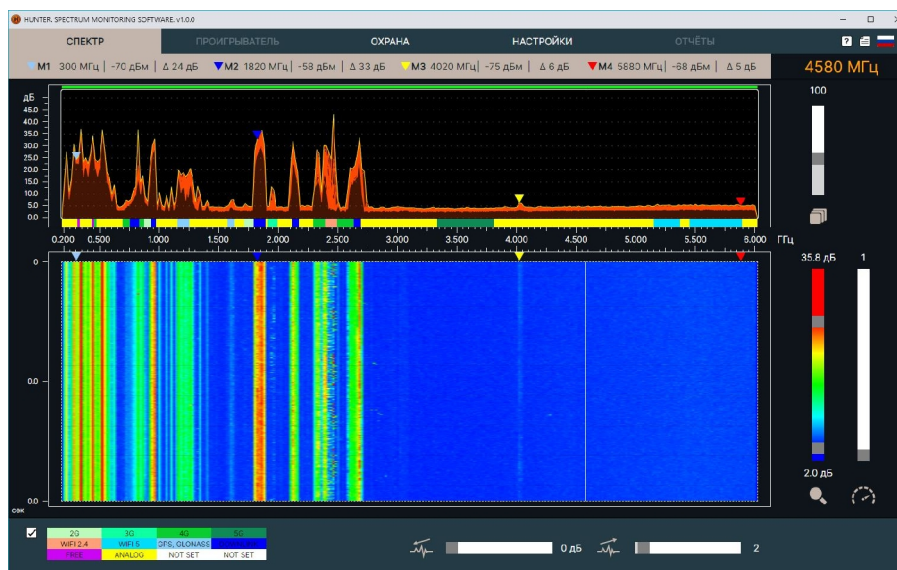
- откройте поле маркеров при помощи контекстного меню "добавить все маркеры";
- установите ослабление сигнала от 0 дБ до 2 дБ;
- установите усиление сигнала от 1 до 2;
- отключите режим "Дельта";
- установите для регулятора количества отображаемых трасс значение от 100 до 254.

Рисунок 1



По перемещайте прибор в пространстве и найдите положение с максимальным уровнем сигнала. Уровень сигнала проще контролировать на графике "водопад", чем больше уровень, тем краснее сигналы. На рисунке 2 показано то же помещение, но с оптимальным расположением прибора.

Рисунок 2



Для рассматриваемого помещения максимальное расстояние до передатчика 5 метров. В помещении

AN-030 «Поиск радиопередающих устройств, основные принципы»

Версия документа 1.0

Январь 2026

HUNTER

ИИТ

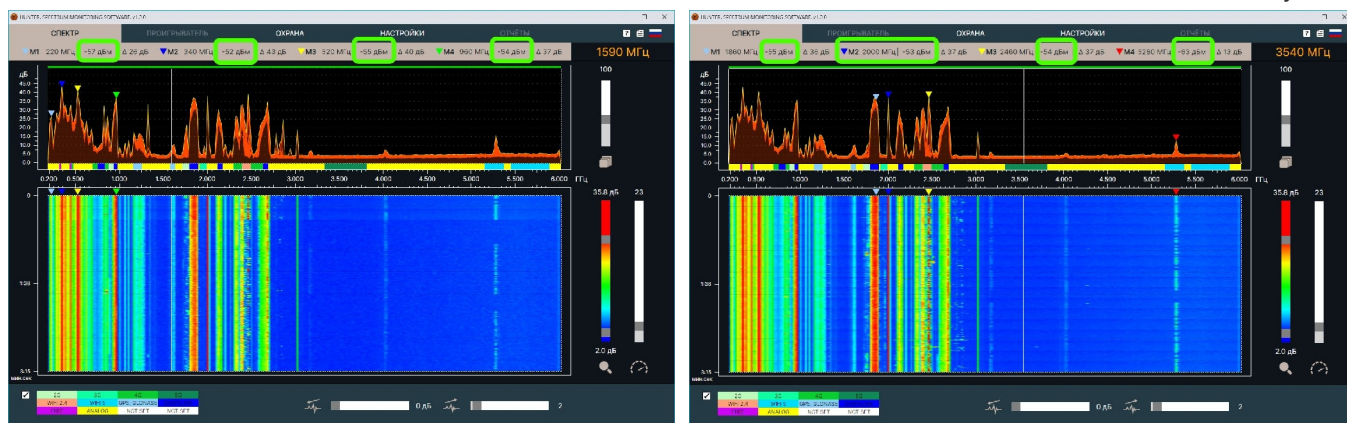
установлен передатчик мощностью 0 дБм с частотой 2000 МГц на расстоянии 4 метра. Также в помещении присутствует передатчик WiFi 2.4 ГГц и 5 ГГц на расстоянии 4 метра.

По таблице 4 уровни опасных сигналов начинаются от -57 дБм, уровни пограничных сигналов от -63 дБм до -57 дБм.

Перемещая маркеры по линейному графику, наблюдаем за уровнем мощности в поле маркеров.

На рисунке 3 показаны опасные сигналы.

Рисунок 3



Сигнал на частоте 5280 МГц формально не попадает под критерии опасного сигнала, его уровень является пограничным. Но согласно рекомендациям, приведенным выше, относим его к опасным.

Для всех найденных опасных частот проводим проверку помещения в режиме "Осциллограф", для этого:

1. запускаем режим "Осциллограф" на выбранной частоте;
2. отключаем прибор от компьютера;
3. перемещаясь по помещению, следим за уровнем сигнала на светодиодном и OLED индикаторах. Для сигналов приходящих снаружи помещения, уровень индикатора будет оставаться практически постоянным, это происходит потому, что передатчик далеко удаленный, а расстояние до передатчика много больше расстояния перемещения внутри помещения. Интерференция сигнала слабо выражена. Для сигнала внутри помещения картина другая. При перемещении по помещению уровень сигнала может значительно изменяться из-за интерференции, а при приближении к передатчику, начнет возрастать. Совет! Обращайте внимание на цвет светодиодного индикатора, при достаточном удалении от передатчика он будет желтый, при приближении - оранжевый, при близком расстоянии - красным. Обращайте внимание на показатели абсолютной мощности сигнала на OLED индикаторе (большие цифры посередине экрана). При приближении к передатчику эти цифры будут увеличиваться.
4. после перемещения определите, опасен ли этот сигнал или нет. Если сигнал опасен, найдите передатчик. Он может быть установлен в конструктивные элементы помещения или предметы. После проверки всего помещения подключите прибор к компьютеру.
5. перейдите в режим "Спектр", или если вы составили список опасных частот, установите следующую частоту в режиме "Осциллограф";
6. проделайте п.1 – п.5 для всех опасных частот;
7. проверка опасных частот закончена.

Если решено проверить сигналы с пограничной мощностью, то проведите проверку по алгоритму, описанному выше для этих сигналов.

Важные замечания и ограничения

В этом разделе будут показаны ситуации, которые могут привести к невозможности или сложности нахождения опасного передатчика при использовании описанной выше методики. Для нивелирования факторов, влияющих на поиск передатчиков, настоятельно рекомендуем использовать режим автоматического поиска (документ AN-031 "Автоматический поиск радиопередающих устройств") и придерживаться рекомендаций, приведенных в этом разделе.

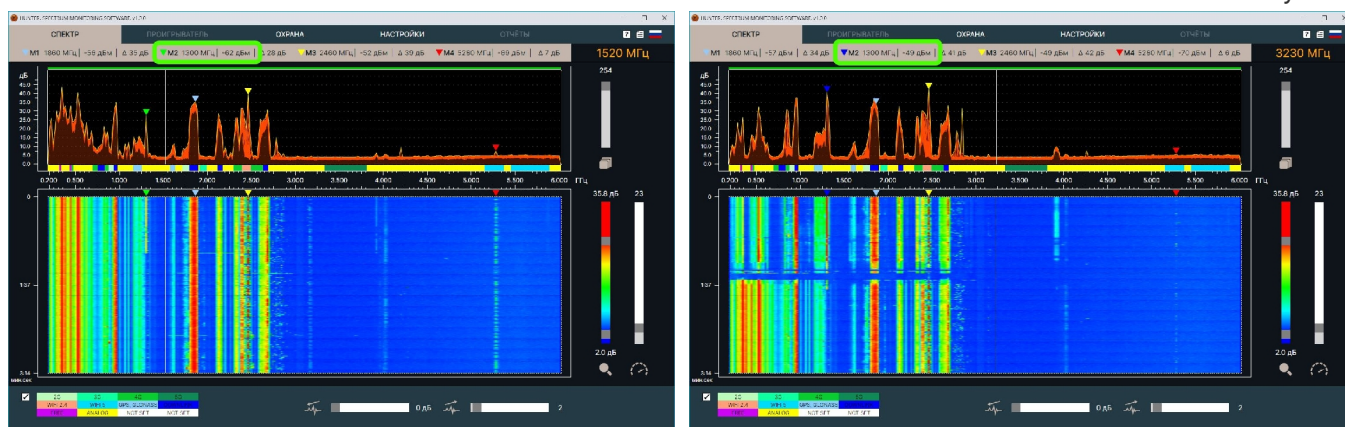
Антенна имеет плохой коэффициент усиления или плохое согласование на некоторых частотах

Как описывалось ранее, эта ситуация вполне естественная для всех антенн. Даже если антенна многодиапазонная, то ее хорошее согласование будет лишь на рабочих частотах и их гармониках. Как правило, это частоты относятся к диапазонам работы сотовой связи и WIFI передатчиков. Для совсем простых антенн это будет узкий диапазон частот. На всех остальных частотах ее усиление будет хуже. Неоспоримый плюс таких антенн это компактность и круговая диаграмма направленности, минус разный коэффициент усиления для разных частот.

Существует класс широкополосных антенн, например логопериодические LPDA-1912 и LPDA-1913. Этот класс антенн характеризует лучшее согласование и более равномерное усиление в рабочем диапазоне частот. Но их особенностью является узкий угол диаграммы направленности и большие габариты. При выходе за диаграмму направленности коэффициент усиления таких антенн резко падает. Проще говоря, такую антенну необходимо направлять на передатчик, что вносит ряд ограничений.

На рисунке 4 показаны спектрограммы сигналов на плохо согласованной частоте штатной антенны (слева) и тот же передатчик при применении LPDA-1912 (справа).

Рисунок 4



Напомним, передатчик расположен на расстоянии 4 метра и опасный уровень сигнала составляет -55дБм. Для штатной антенны уровень сигнала -62дБм, что ниже пограничного уровня. Для LPDA-1912 уровень сигнала составляет -49дБм при направлении на передатчик.

Решения.

Вариант 1.

Иметь комплект широкополосных антенн, для перекрытия всего частотного диапазона от двух до трех. Применять автоматический режим поиска, и в период сбора информации менять направление антенны, что бы охватить всю зону поиска.

Плюсы:

- при хорошо согласованных антеннах большая вероятность обнаружения сигнала.

Минусы:

- увеличение массогабаритных характеристик комплекса;
- необходимость несколько раз (2 – 3 раза) проводить проверку, чтобы перекрыть весь диапазон;
- стоимость хорошего комплекта антенн может быть сравнима со стоимостью поискового

оборудования.

Вариант 2.

Всегда завышать необходимое расстояние и обязательно проводить проверку на пограничных частотах. В случае приведенного примера достаточно задать расстояние 5 – 6 метров и сигнал принятый на штатную антенну попадет в пограничную зону.

Плюсы:

- нет дополнительных расходов.

Минусы:

- остается вероятность пропустить опасный сигнал;
- увеличивается время на проведение поисковых мероприятий, так как с увеличением заданного расстояния – увеличивается и количество сигналов требующих проверки.

Вариант 3.

Проводить поиск в нескольких точках помещения и сравнивать полученные значения. Этот вариант будет рассмотрен в описании автоматического поиска.

Плюсы:

- нет дополнительных расходов;
- практически гарантировано найти опасный сигнал.

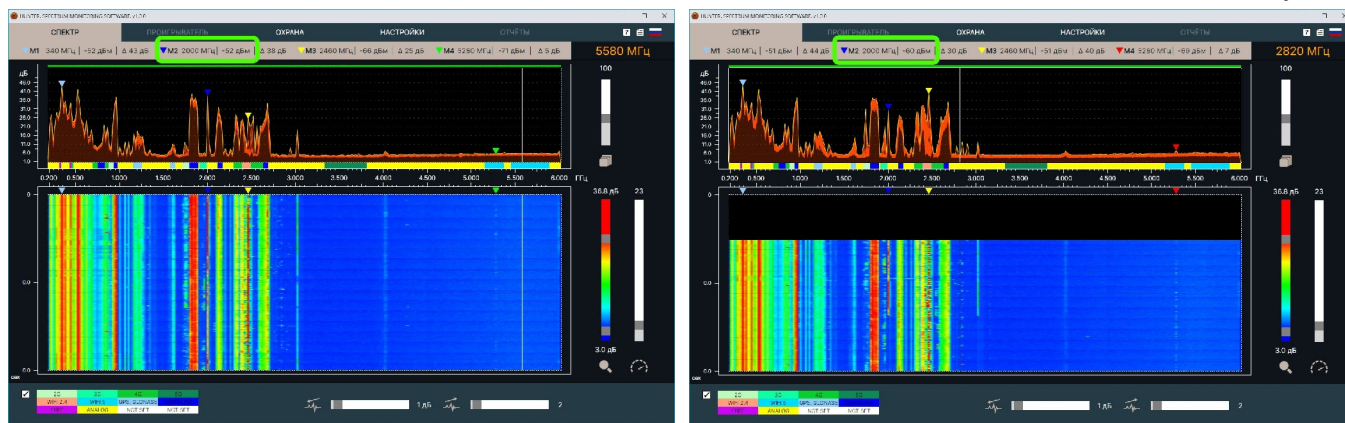
Минусы:

- увеличивается время на проведение поисковых мероприятий.

Эффекты связанные с интерференцией сигнала

Эффект связанный с интерференцией сигнала показан на рисунке 5. На графиках показан сигнал от одного и того же передатчика. Разница состоит в том, что приемник Hunter-Pro перемещен на 5 – 10 см. Как мы видим, расхождение в показаниях может достигать 8 дБ, что очень много.

Рисунок 5



Решение.

- Располагать приемник на удалении от стен, мебели и крупных предметов.
- Перед началом анализа перемещать приемник в пространстве поиска максимального сигнала. На рисунке 5 (слева) обратите внимание на график "водопад" для частоты 2000 МГц. Внизу графика положение приемника не оптимальное, о чем говорит желтый цвет. В середине графика начинаем искать оптимальное положение, цвет графика меняется от желтого к красному. В верхней части графика найдено оптимальное положение, цвет красный.
- Использовать автоматический режим поиска передатчиков. Четко следовать инструкциям на экране. Когда отобразится сообщение о том, что необходимо перемещать прибор в пространстве, обязательно выполните это действие. Алгоритм учтет интерференцию.

Эффекты связанные с наличием оператора

Если между передатчиком и приемником расположить человека, то ослабление сигнала может достигать 3 дБ.

При проведении проверки помещения, в момент сбора материала для анализа, следует максимально освободить помещение от людей или расположить их как можно ближе к двери. При этом сам оператор должен уйти с линии передатчик - приемник, проще всего обеспечить это требование подняв Hunter-Pro выше.

При применении автоматического режима поиска, ввиду специфики работы режима, эта проблема будет нивелирована на этапе подготовки данных.

Эффекты связанные с наличием естественных преград

Опасные передатчики могут быть спрятаны в элементах мебели, за потолочных пространствах, под столами и других конструкциях. В таких случаях очень трудно оценить потери, связанные с ослаблением сигнала, так как это зависит от коэффициентов отражения и поглощения материала и от путей распространения сигнала. Подразумевается, что при сложном расположении передатчика, его мощность будет увеличена для соблюдения условий возможности приема сигнала (условия были описаны в начале). Таким образом, это не должно влиять на поиск передатчика, однако потенциальная опасность пропустить передатчик остается.

Для исключения такой возможности используйте приемы, показанные в описании режима автоматического поиска радиопередающих устройств.

Эффекты связанные с "молчанием" передатчика

Этот эффект заключается в том, что передатчик экономит заряд батареи и трафик при отсутствии акустического сигнала. Проще говоря, если в помещении тихо, то незачем передавать тишину.

Для вывода передатчика из "молчания" его необходимо спровоцировать. Для этого создавайте достаточно громкие звуковые сигналы в течении 1 – 2 минут.

В режиме автоматического поиска эта функция предусмотрена.

Эффекты связанные с помехами

Как правило, в помещении нет источников сигнала, создающих настоль большие помехи, что проведение проверки затруднительно. Однако, передатчики со стандартным уровнем сигнала, расположенные близко к Hunter-Pro, могут сильно исказить спектрограмму. К таким устройствам относятся передатчики WIFI и мобильных телефонов. Искажения, вызванные мобильным телефоном и сигналом WIFI, расположенными на расстоянии 0,5 – 1 метр от Hunter-Pro показаны на рисунке 6.

Рисунок 6



Решение.

- Всегда отключайте все мобильные телефоны в проверяемом помещении.
- Всегда отключайте WIFI и Bluetooth на компьютере, к которому подключен Hunter-Pro.
- Всегда отключайте WIFI и Bluetooth на других компьютерах, но не выключайте сами компьютеры. Опасные передатчики могут располагаться в этих устройствах и питаться от штатного напряжения.
- Всегда отключайте подаватели сотовой связи в проверяемом и близко расположенных помещениях во время проведения проверки.
- По возможности, отключайте WIFI роутеры и IoT устройства, расположенные в проверяемом помещении. Если их отключение невозможно, то располагайте измерительный комплекс как можно дальше от них, но не ближе 1,5 метров. Если существует вероятность утечки через эти устройства, то проверяйте их отдельно.

Если на одной частоте работает несколько передатчиков

Очень вероятно, что опасный передатчик будет "маскироваться" под известные "безопасные" передатчики, при этом он будет работать на той же частоте.

Решение.

- Всегда проверяйте частоты с опасным уровнем сигнала, даже если вы считаете эти частоты безопасными.
- При автономном поиске передатчика в режиме "Осциллограф" на выбранной частоте всегда проверяйте помещение полностью.
Пример. При поиске вы обнаружили на частоте 2400 МГц WIFI роутер и решили остановить дальнейший поиск на этой частоте, так как передатчик обнаружен. Останавливать поиск по такой причине очень плохая практика. На этой же частоте, но в другом месте помещения может работать другой опасный передатчик. Обязательно продолжайте поиск на этой частоте, пока не пройдете по всему помещению и не убедитесь в отсутствии других передатчиков.

Хорошая практика

После проверки всего помещения на опасных и пограничных частотах, если вы не обнаружили на них опасных передатчиков, хорошей практикой будет:

- отключить эти частоты из обработки (контекстное меню - работа для частоты – выкл);
- отключить прибор от компьютера и еще раз пройтись с прибором по помещению, при этом не должно возникать каких-либо больших уровней сигнала.

Заключение

В этом документе показаны основные принципы нахождения опасных радиопередающих устройств и приведены алгоритмы поиска. Обращено внимание на ограничения, которые стоит учитывать при проведении проверки.

На что стоит обратить особое внимание.

1. Всегда отключайте известные источники радиосигнала, телефоны, WIFI на компьютере.
2. Используйте значение аттенюатора 0 – 2 дБ.
3. Всегда задавайте чуть большее расстояние до передатчика на 1 – 2 метра.
4. Всегда проверяйте пограничные сигналы, особенно на частотах более 3000 МГц.
5. Всегда в режиме "Осциллограф" проверяйте помещение полностью, не останавливайте проверку если нашли передатчик. Передатчиков может быть несколько.
6. В конце проверки еще раз проверьте помещение с помощью Hunter-Pro, используя алгоритм, описанный в разделе "Хорошая практика".

Внимательно ознакомьтесь с этим документом и разработайте свою тактику применения комплекса радио мониторинга, построенного на основе Hunter-Pro с применением программного обеспечения Hunter-SMS.

Обращаем ваше внимание на то, что Hunter-Pro может найти лишь действующие радиопередающие устройства, а принципов работы подслушивающих устройств существенно больше.

Для проведения полной проверки помещения потребуется и другое оборудование, и дополненная тактика проверки.

Как пример, проводные микрофоны, для нахождения которых где-то достаточно лишь внешнего осмотра, а где-то необходим нелинейный локатор.