

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС “ОРТ” ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ

В государственной программе информационной безопасности Украины уделяется большое внимание вопросам разработки комплексных систем защиты информации. В таких системах важное место занимают методы технической защиты информации (ТЗИ) (до 30-35 процентов от общего объема мероприятий по защите информации), предотвращающие утечку информации по техническим каналам [1]. Наиболее информативным является радиоэлектронный канал, образуемый, в частности, за счет использования радиоакустических закладных устройств (ЗУ).

Работу современного специалиста в области ТЗИ невозможно сейчас представить без использования радиомониторинга, являющегося эффективным методом для обнаружения закладных устройств (ЗУ), внедряемых в контролируемое помещение. Ядром любой профессиональной системы радиоконтроля является сканирующий радиоприемник, обладающий высокой чувствительностью, частотной избирательностью, широким диапазоном частот и собственной памятью. Но применение их в качестве автономных устройств для осуществления радиомониторинга с целью выявления ЗУ требует весьма высокой квалификации оператора, а в некоторых случаях практически невозможно. Повышение эффективности процедуры поиска ЗУ достигается применением специализированных комплексов радиоконтроля. По принципу построения все приборы данного класса можно условно разделить на две основные группы:

- комплексы, специально разработанные и конструктивно выполненные в виде единого устройства;
- комплексы, созданные на базе серийных сканирующего приемника и персонального компьютера.

Одним из наиболее известных приборов первой группы является комплекс OSC-5000 (OSCORNPI spectral correlator), который совмещает в себе функции широкодиапазонного панорамного приемника, анализатора спектра и коррелятора сигналов. Однако стоимость подобного комплекса очень высока (более 10 тыс. дол.), что делает его недоступным для широкого применения. Находят применение и другие специализированные комплексы, такие как СРМ-700, ST-031, АРК-Д1 и др. [2-4]

Комплексы второй группы представляют собой аппаратно-программные системы на базе стандартного компьютера с установленным на нем специальным программным обеспечением и недорогого сканирующего приемника, которые иногда могут оснащаться дополнительной аппаратурой. Преимущества такого подхода очевидны: современный персональный компьютер стоит относительно недорого и располагает возможностями для реализации «интеллектуальных» процедур обнаружения любой сложности. Стоимость этих комплексов при незначительной потере качества на порядок ниже стоимости комплексов первой группы. На настоящий момент известно большое число различных программ управления сканирующими приемниками, таких как Sedif-Pro, Filin, «СканАР», «Кротмини», Arcop, Radio-Search, DigiScan-2000. [2-5]. Кроме функций управления, а также накопления и обработки данных о радиообстановке, специализированное программное обеспечение решает задачи идентификации принятых сигналов с сигналами закладных устройств. При этом существенно повышается оперативность и надежность поиска ЗУ.

В Харьковском национальном университете радиоэлектроники разработан аппаратно-программный комплекс “ОРТ” (АПК) на базе сканирующего приемника IC-PCR-100, предназначенный для выявления, идентификации и локализации радиоакустических закладных устройств, которые передают информацию об акустической обстановке в помещении по радиоканалу в реальном масштабе времени. В состав АПК входят: IBM PC/AT – совместимый компьютер, управляющая программа, предназначенная для работы под управлением операционной системы Windows 95/98, сканирующий приемник IC-PCR-100 (один из лучших в своем классе по соотношению цена/качество) и трехканальный акустический дальномер. АПК может выявлять ЗУ, использующие для передачи по радиоканалу амплитудную, узкополосную частотную или широкополосную частотную модуляцию в частотном диапазоне от 0,01 МГц до 1300 МГц.

Управление режимами работы сканирующего приёмника, съём, обработка, хранение и представление данных осуществляются программой DAYANA. Внешний вид интерфейса главного окна программы представлен на рис. 1, где цифрами обозначены: 1 – главное меню программы; 2 – кнопка запуска процесса сканирования; 3 – поле установки и отображения основных параметров сканирова-

ния; 4 – окно для отображения снятых спектрограмм; 5 – указатель частотного диапазона; 6 – поле установки режимов сканирования; 7 – элементы управления приемником; 8 – таблица базы данных зарегистрированных сигналов; 9 – окно отображения осциллограмм, спектров и взаимокорреляционной функции двух записанных сигналов; 10 – индикатор S-метра; 11 – поле с кнопками управления идентификационным тестом.

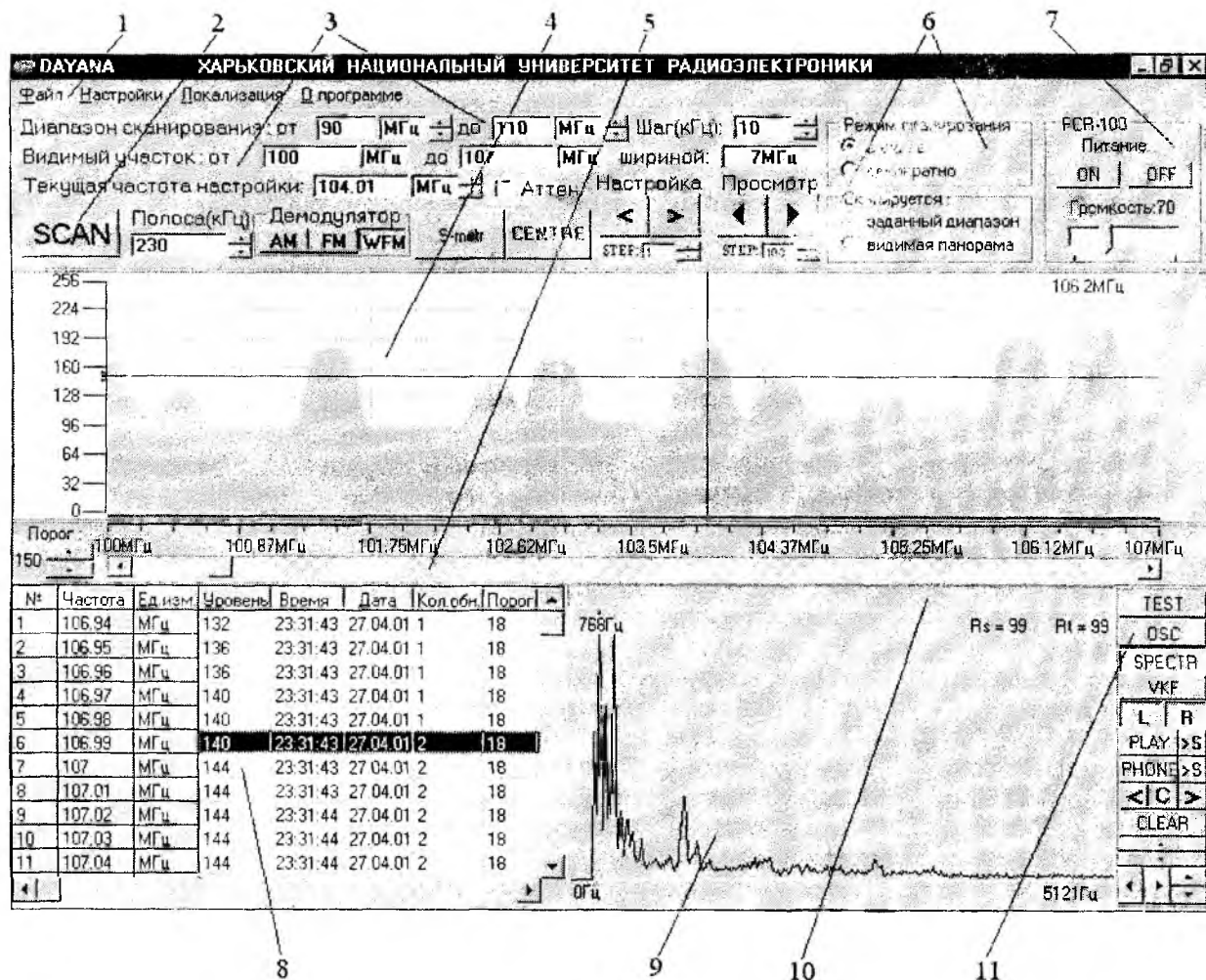


Рис. 1

Программа DAYANA позволяет:

- управлять всеми режимами работы приемника IC-PCR-100;
- снимать спектрограмму в любом задаваемом диапазоне частот (в пределах 10кГц – 1300МГц);
- сохранять и просматривать спектрограммы всех максимальных, минимальных и усредненных значений уровня сигнала на любой частоте заданного диапазона;
- регистрировать параметры радиоизлучений, отнесенных к разряду опасных;
- сохранять полную базу всех зарегистрированных радиоизлучений (в количестве до 2000);
- проводить (вручную или автоматически) идентификацию зарегистрированного сигнала с сигналом ЗУ;
- находить и просматривать в отдельном окне спектры и взаимокорреляционные функции записанных сигналов, а также их осциллограммы;
- определять (с использованием аппаратной части) координаты радиоакустического ЗУ на расстоянии до 15 метров.

АПК предполагает работу оборудования круглосуточно, без постоянного присутствия оператора. При этом спектрограмма в заданном диапазоне снимается циклически. Селекция опасных радиоизлучений проводится путем нахождения разницы между эталонной спектрограммой (полученной при условии отсутствия ЗУ в контролируемом помещении) и текущей спектрограммой. Превышение зна-

чений текущей спектрограммы над эталонной больше заданного порога свидетельствует о вновь появившихся сигналах, которые регистрируются в базе данных и относятся к группе опасных.

Далее, используя специальные тесты, проводится идентификация опасных сигналов на предмет принадлежности их ЗУ, расположенных в контролируемом помещении. Принципы, положенные в основу идентификационных тестов, базируются на демаскирующих признаках радиоакустических ЗУ.

Первый тест основан на корреляционном анализе в спектральной и временной областях акустического сигнала, циркулирующего в контролируемом помещении, и демодулированного сигнала, полученного с выхода приемника. При отсутствии достаточного уровня акустического фона в помещении имеется возможность включения акустического тестового сигнала.

Второй тест проводит проверку наличия 2-й и 3-й гармоник в спектре опасных сигналов путем измерения уровня ВЧ-сигнала, а также повторного проведения корреляционного теста на частотах этих гармоник.

Третий тест основан на аксиоме, предполагающей, что на одинаковые акустические воздействия ЗУ отвечает одинаковыми радиооткликами. Для этого дважды воспроизводится один и тот же тестовый акустический сигнал и записываются сигналы с выхода приемника, между которыми находится коэффициент корреляции. Если он высок, то есть сигналы похожи друг на друга, то велика вероятность того, что данный сигнал излучается ЗУ.

Если ЗУ идентифицировано, то его локализация выполняется при помощи трехканального акустического дальномера (АД), который позволяет однозначно определять координаты радиозакладки с использованием трех разнесенных в пространстве акустических колонок. Звуковые колонки поочередно возбуждают акустическую волну, распространяющуюся со скоростью звука в контролируемом помещении, а АД производит измерение времени распространения звуковой волны от каждой из колонок до ЗУ. Измерение расстояния до ЗУ из трех разнесенных точек позволяет однозначно определить его местоположение.

Акустический дальномер выполнен в виде отдельного устройства, на которое возложены функции формирования акустической волны и определения времени распространения акустического сигнала до ЗУ. Результат измерений вводится в ЭВМ для дальнейшей обработки.

Функциональная схема АПК «ОРТ» представлена на рис. 2.

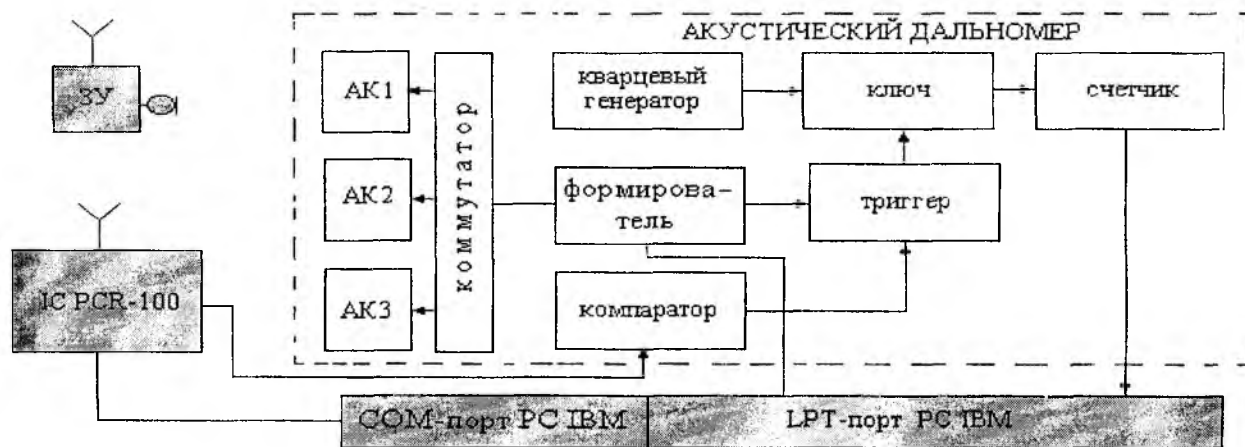


Рис. 2

Погрешность измерения координат ЗУ акустическим дальномером АПК «ОРТ» складывается из аппаратной и случайной погрешностей измерения дальности, а также методической погрешности определения местоположения ЗУ, обусловленной особенностями дальномерного метода нахождения координат.

Аппаратурная погрешность измерения дальности обусловлена, в первую очередь, конечной величиной шага дискретизации счетных импульсов кварцевого генератора АД. При выбранной частоте, равной 40 кГц, она не превышает 1 см. Эта погрешность может быть легко уменьшена на порядок, но в этом нет особого смысла из-за наличия случайной погрешности большой величины, вызванной действием шумов. Аппаратурная погрешность измерения дальности за счет вариации скорости распространения звука в воздухе с 332 м/с до 344 м/с при изменении температуры от 0°С до 20°С весьма мала и может вообще не учитываться.

В АД фиксация временного положения импульса производится по переднему фронту принятого сигнала с использованием компаратора, который производит выделение сигнала относительно порогового напряжения сравнения. Вследствие влияния шума точка фиксации временного положения импульса флуктуирует, что вызывает появление случайной погрешности измерения дальности. Среднее квадратичное значение шумовой погрешности σ_{t_1} прямо пропорционально действующему значению шума и обратно пропорционально крутизне фронта импульса в точке сравнения сигнала и порогового уровня. Среднюю квадратичную ошибку определения временного положения импульса, возникающего на выходе линейного амплитудного детектора, можно определить из выражения [6]:

$$\Delta \tau_1 = \frac{\sigma_{t_1}}{\sqrt{n}} = \frac{T_\phi}{\sqrt{2} \cdot q \cdot \sqrt{n}},$$

где q – отношение сигнала к шуму на входе детектора; n – число импульсов, используемых для отсчета; T_ϕ – длительность фронта сигнального импульса.

Умножив $\Delta \tau_1$ на скорость звука, можно получить среднеквадратичную ошибку определения дальности до ЗУ σ_d .

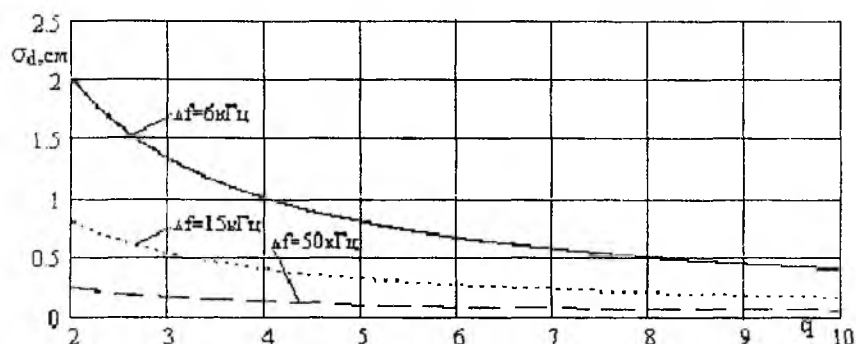


Рис. 3

акустический излучатель, микрофон ЗУ и обстановка в помещении не искажают прямоугольной формы сигнального импульса при $n=1$ и для трех значений полосы пропускания Δf приемника РСР-100 в режиме АМ.

В программе поддержки АД (локализация ЗУ) введена возможность оперативной регулировки уровня сигнала, поступающего со сканирующего приемника, а в аппаратной части – индикатор превышения порогового уровня U_0 , что дает возможность быстрой подстройки АД под конкретное ЗУ.

Как видно из рисунка 3, в наихудшем случае среднеквадратическая погрешность определения расстояния от акустической колонки до ЗУ при правильной настройке работы дальномера составляет 2 см.

Погрешность определения расстояния при использовании дальномерного (позиционного) метода определения местоположения ЗУ приводит к появлению методической погрешности определения его координат.

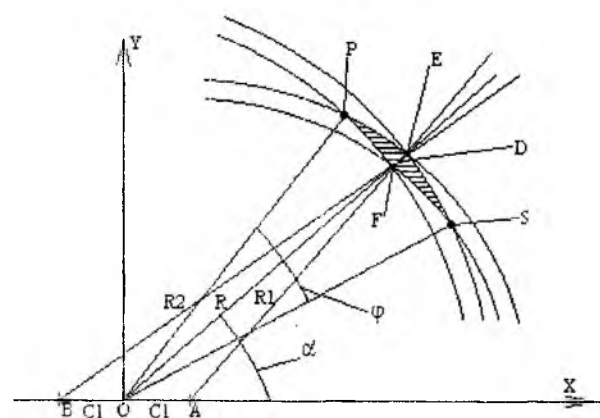


Рис. 4

Этот вопрос удобнее рассмотреть для двумерного случая на плоскости, выделив радиальную и угловую ошибки. Координаты объекта позиционным методом определяются как точка пересечения двух линий положения [7]. Под линией положения в данном случае подразумевается геометрическое место точек, имеющих одинаковое удаление от одной точки, в которой расположен акустический излучатель, то есть окружность определенного радиуса. Погрешность определения линий положения приводит к погрешности нахождения координат объекта.

Пусть в плоскости XOY точка D задана радиус-вектором R и углом α (рис. 4).

Точки А и В – это места расположения акустических излучателей. Истинные расстояния от этих точек до точки D (ЗУ) составляют соответственно $AD=R1$ и $BD=R2$. Но за счет погрешности определения этих расстояний акустическим дальномером мы можем получить значения от $R1-d$ до $R1+d$ и от $R2-d$ до $R2+d$ соответственно, где d – погрешность определения расстояния акустическим дальномером (2 см). При этом возникает зона неопределенности определения координаты закладного устройства – сектор PFSE (рис.4), где расстояние FE соответствует радиальной ошибке, а угол φ – угловой.

Можно показать, что величина радиальной ошибки приближенно находится из выражения: $\Delta R = FE = \frac{d \cdot (R2 - R1)}{C1 \cdot \cos \alpha}$, из которого видно, что с увеличением угла α от 0 до 90° , то есть с уменьшением косинуса в знаменателе, $R1$ стремится к $R2$, их разность также уменьшается, в результате чего FE изменяется очень слабо. Расчеты показывают, что неопределенность нахождения местоположения ЗУ в радиальном направлении практически не зависит ни от направления на ЗУ (от угла α), ни от расстояния от R и составляет около $2d$, то есть те же ± 2 см. Таким образом, среднее квадратическое значение радиальной ошибки σ_r совпадает с σ_d .

Значительно больший интерес представляет угол φ (рис.4), в пределах которого на заданном расстоянии R невозможно точно определить координаты ЗУ. Для нахождения этого угла определим абсциссы точек P и S:

$$x_S = \frac{(R2 + d)^2 - (R1 - d)^2}{4 \cdot C1}, \quad x_P = \frac{(R2 - d)^2 - (R1 + d)^2}{4 \cdot C1}$$

Ординаты этих точек можно вычислить по формулам:

$$y_S = \sqrt{(R2 + d)^2 - (x_S + C1)^2}, \quad y_P = \sqrt{(R2 - d)^2 - (x_P + C1)^2}$$

Тогда расстояния OP и OS находятся как: $OS = \sqrt{x_S^2 + y_S^2}$, $OP = \sqrt{x_P^2 + y_P^2}$.

Наконец, углы XOS и XOP найдем по формулам:

$$\angle XOS = \arccos\left(\frac{x_S}{OS}\right), \quad \angle XOP = \arccos\left(\frac{x_P}{OP}\right)$$

Искомый угол φ представляет собой разность углов XOP и XOS, т.е. $\varphi = \angle XOP - \angle XOS$. Умножив его на радиус R, получим длину дуги L неопределенности нахождения местоположения закладного устройства. Графики зависимости методической погрешности определения координат ЗУ (длина дуги L [см]) в от ее месторасположения (от расстояния – R[м] и угла α [град.]) при разnose акустических колонок $2C1=2$ м и среднеквадратичной погрешности определения расстояния 2 см приведены на рис. 5.

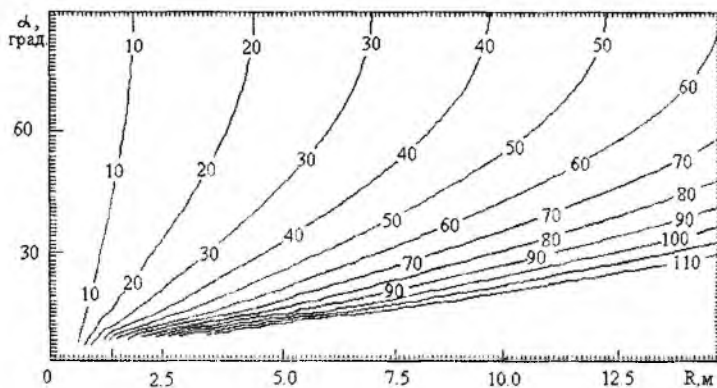


Рис. 5

Обобщая эти зависимости, можно сделать вывод, что локализация ЗУ тем точнее, чем:

- ближе к перпендикуляру к плоскости, в которой лежат все три излучателя (то есть, чем α ближе к 90°);
- ближе ЗУ к самим акустическим излучателям;
- больше база акустических излучателей $2C1$.

Так, из графиков на рис. 5 видно, например, что при расстоянии до ЗУ, равном 3 м и разnose акустических излучателей $2C1 = 2$ м, угол α составляет около 27° для длины дуги L, равной 30 см. Это означает, что при этом закладное устройство можно локализовать с точностью не хуже 30 см в секторе, который соответствует углу $\pm 63^\circ$ от нормали). Наименее точно ЗУ локализуется в том случае, если оно лежит в районе плоскости акустических излучателей, где погрешность определения координат

нат может достигать нескольких метров. Однако это легко устраняется поворотом акустической системы на 90° и перемещением ее ближе к предполагаемому месту расположения закладного устройства с последующим повторением процесса локализации.

Если на заключительном этапе физического поиска закладное устройство визуально не обнаруживается в зоне его предполагаемого нахождения, необходимо воспользоваться дополнительными специальными техническими средствами, такими как нелинейные локаторы, металлодетекторы, тепловизоры и другие, позволяющие выявить закамуфлированные ЗУ или вмонтированные в строительные конструкции.

Список литературы: 1. *Торокин А.А.* Основы инженерно-технической защиты информации. М.: Изд."Ось-89", 1998. 334 с. 2. *Каторин Ю.Ф., Куренков Е.В., Лысов А.В., Остапенко А.Н.* Большая энциклопедия промышленного шпионажа.- СПб.:ООО Изд. "Полигон", 2000. 896 с. 3. *Хорев А.А.* Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации. М.: Гостехкомиссия России, 1998.-320 с. 4. Специальная техника защиты и контроля информации. Каталог- 98 МАССКОМ, М.: 1998. 44с. 5. DigiScan-2000. Новое поисковое программное обеспечение // Бизнес и безопасность. 2000. N4. С.16-17. 6. *Митяшев Б.Н.* Определение временного положения импульсов при наличии помех. М.: Сов.радио, 1962.-200 с. 7. *Гришин Ю.П., Ипатов В.П., Казаринов Ю.М.* Радиотехнические системы. М.: Высш.шк., 1990. 496 с.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 19.10.2001