

3. Борисов А.Н. Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Рига: «Зинатне», 1990-184 с.

УДК 681.3.06

Олейников А.Н., Коваль В.П.

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗАКЛАДНЫХ УСТРОЙСТВ**

При разработке вопросов обеспечения информационной безопасности в масштабах отдельной организации или государства в целом, уделяется большое внимание созданию 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).

Обнаружение ЗУ, как радиоэлектронных средств, может осуществляться с применением радиообнаружителей, которые принято подразделять на четыре группы А, Б, В и Г, именуемые индикаторными, панорамными, измерительными и анализирующие с соответствующим разбиением на подгруппы. Одним из наиболее эффективных методов обнаружения закладных устройств (ЗУ), внедряемых в контролируемое помещение, является метод радиомониторинга. Ядром любой профессиональной системы радиоконтроля, базирующейся на методе радиомониторинга, является сканирующий радиоприемник, который должен обладать 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 серийного сканирующего приемника и персонального компьютера.

Одним из наиболее известных приборов первой группы является комплекс OSC-5000, представляющий собой функциональное сочетание нескольких приборов: это панорамный приемник, осциллограф, анализатор спектра и коррелятор. Диапазон панорамного приемника 10 кГц...3 ГГц обеспечивается наличием нескольких входов приемника, к каждому из которых подключена своя антенна. Максимальная скорость перестройки по частоте составляет 93 МГц/с при полосе пропускания 250 кГц. Прибор оснащен набором детекторов, включая инфракрасный детектор с областью спектральной чувствительности 0,85-1,07 мкм, а также специальным адаптером, позволяющим вести контроль наличия излучений от сетевых закладок в диапазоне частот 10 кГц ...5МГц в проводных линиях с напряжением до 300 В.. OSC-5000 позволяет наблюдать временные диаграммы демодулированных сигналов и их спектры с разрешением по частоте не хуже 50 Гц. Коррелятор применяется для идентификации сигналов ЗУ. В комплект OSC-5000 может отдельно поставляться акустический локализатор ОТЛ-5000, предназначенный для определения местоположения радиомикрофонов.

К комплексам высокой производительности относится АРК-Д1Т и АРК-Д3Т [2], которые позволяют производить автоматическое обнаружение всех видов излучений

независимо от вида модуляции (в том числе широкополосных и с дельта-модуляцией) в диапазоне до 12 ГГц за интервал времени не более 50 с. Автоматически идентифицировать и локализовать ЗУ без закрытия и с частотным скремблированием. Производить разнесенный прием, синхронное по частоте измерение уровней сигналов на выходах 4 антенн, быстрый поиск "новых" сигналов, а также контроль любых проводных сетей напряжением до 400 В в полосе до 30 МГц. Для нейтрализации ЗУ предусмотрено создание прицельных узкополосных и широкополосных помех на нескольких частотах (диапазон 40... 1000 МГц, шаг перестройки 12.5 кГц, мощность 150мВт).

Аппаратно-программный комплекс «ОРТ», предназначен 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 сканирования; 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 взаимнокорреляционной функции двух записанных сигналов; 10 - индикатор 8-метра; 11 - поле с кнопками управления идентификационным тестом.

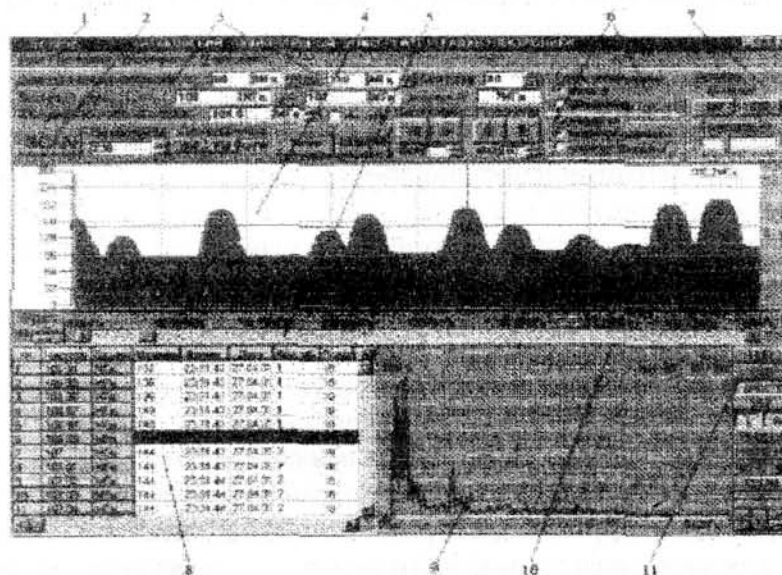


Рис. 1

Программа DAYANA позволяет:

- управлять всеми режимами работы приемника IC-PCR-100;
- снимать спектрограмму в любом задаваемом диапазоне частот или нескольких диапазонах (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);
- находить и просматривать в отдельном окне спектры и взаимокорреляционные функции записанных сигналов, а также их осциллограммы;
- проводить (вручную или автоматически) с использованием специальных тестов (см. ниже) идентификацию зарегистрированного сигнала с сигналом ЗУ;
- определять (с использованием аппаратной части) координаты радиоакустического ЗУ на расстоянии до 15 метров.

Однако стоимость подобных комплексов очень высокая (например OSC-5000 стоит более 10 тыс. дол.), что делает их недоступными для широкого применения.

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 «СканАР», «Крот-мини», Argcon, Radio-Search, DigiScan-2000, Филин-Ультра. [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.

Программа «Филин-Ультра» в составе аппаратно-программных комплексов (АПК) предназначена для проведения исследований радиосигналов как на предмет принадлежности их к ЗУ так и с целью анализа их метрологических характеристик. В программе реализовано:

- ведение базы данных;
- режимы автоматического сканирования и ручного исследования параметров сигналов;
- поиск сигналов с использованием статического или динамического порга и по разности панорам электромагнитной обстановки;
- хранение и отображение различных панорам;
- запись фонограмм демодулированного сигнала с аудиовыхода приемника, прослушивание и редактирование записанных фонограмм;
- идентификация ЗУ с использованием активного, пассивного, параметрического тестов или/и теста по наличию гармоник;
- в некоторых модификациях программы предусмотрена возможность локализации ЗУ на плоскости, то есть определения только двух координат ЗУ.

Программа "DigiScan - 2000" предназначена для создания на ее основе с использованием сканирующих приемников AOR и ICOM АПК для поиска средств съема информации. Программа обнаруживает ЗУ как с открытым каналом передачи информации, так и работающих в режиме информационного скрывания сигнала методом инверсии спектра. Основные режимы работы программы традиционные, использующие опыт более ранних разработок применяемых в упомянутых выше управляющих программах и в комплексах OS COR и АПК.

Особенности применения аппаратно-программных комплексов рассмотрим на примере разработанного в Харьковском национальном университете радиоэлектроники АПК «ОРТ». Функциональная схема АПК «ОРТ» представлена на рис.2

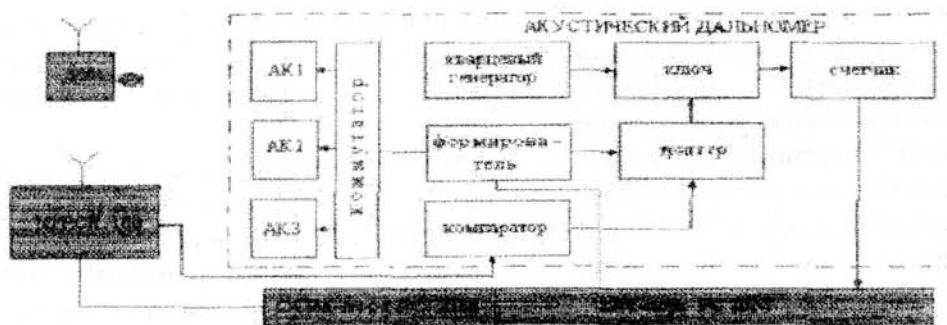


Рис. 2

АПК «ОРТ» 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 значений 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.

Программная поддержка аппаратной части акустического дальномера

реализована в отдельном окне, вид которого представлен на рис. 3.

Погрешность измерения координат ЗУ акустическим дальномером складывается из аппаратурной 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 флюктуирует, что вызывает появление случайной погрешности измерения дальности. Среднее квадратичное значение шумовой погрешности  $\sigma$  прямо пропорционально действующему значению шума и обратно пропорционально крутизне фронта импульса в точке сравнения сигнала и порогового уровня. Среднюю квадратичную ошибку

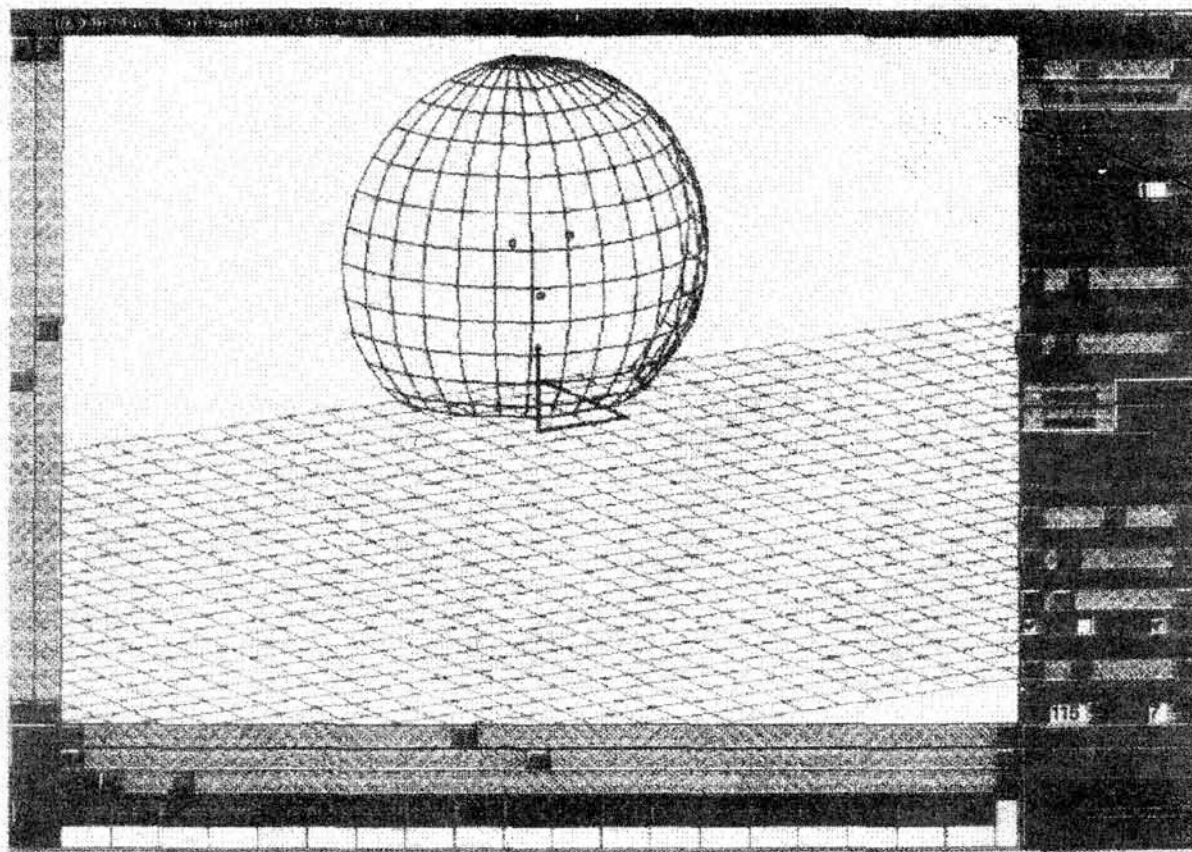


Рис.3

определения временного положения импульса, возникающего на выходе линейного амплитудного детектора, можно определить из выражения [7]:

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

где  $q$  - отношение сигнала к шуму на входе детектора;  $n$  - число импульсов, используемых для отсчета;  $T_{\phi}$  - длительность фронта сигнального импульса.

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

Точно определить длительность фронта импульса сложно, так как на его форму оказывают влияние АЧХ акустического излучателя, микрофона ЗУ, количество и взаимное расположение мебели в помещении, а также полоса пропускания приемника. На рис. 4 приведены зависимости  $\sigma_d$  от отношения сигнала к шуму  $q$  в предположении, что акустический излучатель, микрофон ЗУ и обстановка в помещении не искажают прямоугольной формы сигнального импульса при  $n=1$  и для трех значений полосы пропускания АЧ приемника РСР-100 в режиме АМ.

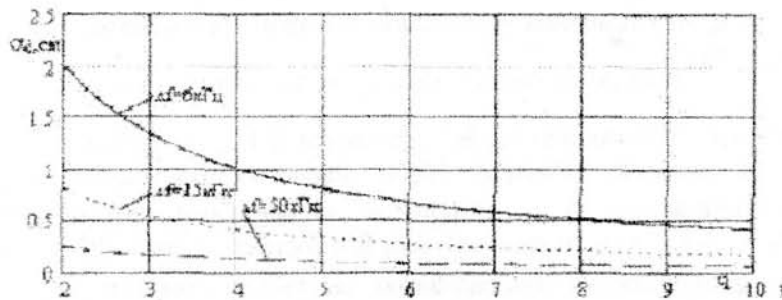


Рис. 4

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 4, 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.

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 [8]. 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  $\alpha$  (рис. 5).

Точки  $A$  и  $B$  - это места расположения акустических излучателей. Истинные расстояния от этих точек до точки  $D$  (ЗУ) составляют соответственно  $AD=R_1$  и  $BD=R_2$ . Но за счет погрешности определения этих расстояний акустическим дальномером мы можем получить значения от  $R_1-d$  до  $R_1+d$  и от  $R_2-d$  до  $R_2+d$  соответственно, где  $d$  - погрешность определения расстояния акустическим дальномером (2 см). При этом возникает зона неопределенности определения координаты закладного устройства - сектор PFSE (рис.5), где расстояние  $FE$  соответствует радиальной ошибке, а угол  $\phi$  - угловой.

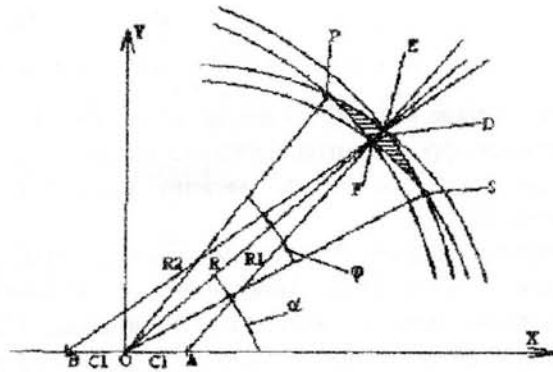


Рис. 5

Можно показать, что величина радиальной ошибки приближенно находится из выражения:  $\Delta R = FE = \frac{d \cdot (R2 - R1)}{C1 \cdot \cos \alpha}$  которого видно, что с увеличением угла  $\alpha$  от  $0$  до  $90^\circ$ , 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  $\alpha$ ), ни от расстояния от  $R$  и составляет около  $2d$ , то есть те же  $\pm 2$  см. Таким образом, среднее квадратическое значение радиальной ошибки  $\sigma_r$  совпадает с  $\sigma_d$ .

Значительно больший интерес представляет угол  $\varphi$  (рис.5), 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  $\varphi$  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  $\alpha$ [град.]) при разnose акустических колонок  $2C1=2$  м и среднеквадратичной погрешности определения расстояния 2 см приведены на рис. 6.

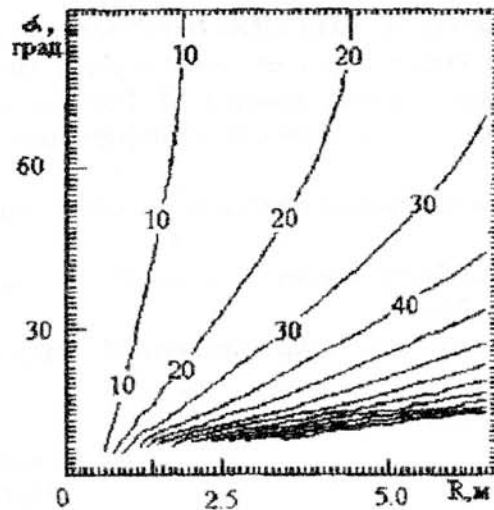


Рис. 6

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  $\alpha$  ближе к  $90^\circ$ );

- ближе ЗУ к самим акустическим излучателям;
- больше база акустических излучателей 2С1.

Так, из графиков на рис. 6 видно, наибольшая погрешность локализации ЗУ будет в том случае, если оно лежит в районе плоскости акустических излучателей, где погрешность определения координат может достигать нескольких десятков сантиметров. Однако это легко устраняется поворотом акустической системы на  $90^\circ$  и перемещением ее ближе к предполагаемому месту расположения закладного устройства с последующим повторением процесса локализации.

Реальные измерения, выполненные на АПК «ОРТ» показали, что радиомикрофон надежно локализуется с точностью до нескольких см в секторе, соответствующем углу в  $\pm 45^\circ$  от нормали и на расстоянии до 5 м. Вместе с тем, было отмечено резкое увеличение количества "промахов" в определении местоположения радиомикрофона в том случае, если на пути распространения акустического фронта от излучателя до микрофона находился какой-либо объемный предмет, в акустическую тень которого попадает радиомикрофон. Это, очевидно, связано с явлениями отражения и дифракции звуковой волны и, как следствие, "размытием" фронта видеоимпульса на выходе сканирующего приемника. Эту особенность использования акустического метода локализации следует учитывать при практической работе с АПК.

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 детекторы, металлодетекторы, тешовизоры и другие, позволяющие выявить камуфлированные ЗУ, как физические объекты.

#### Список литературы:

1. *Торокин А.Л.* Основы инженерно-технической защиты информации. М.: Изд. "Ось - 89", 1998, 334 с.
2. Аппаратура выявления технических каналов утечки информации и радиомониторинга от компании «Иркос»./ Рембовский А.М., "Информост" - "Средства Связи" № 2(9) (март-апрель 2000)
3. *Ю.Ф.Ксанорин, Е.В.Куренков, А.В.Лысов, А.Н.Остапенко.* Большая энциклопедия



- промышленного шпионажа.- СПб.:ООО Изд. "Полигон",2000.-896 с.
4. *Хорее А.Л.* Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть I. Технические каналы утечки информации. М.: Гостехкомиссия России, 1998.-320 с.
  5. Специальная техника защиты и контроля информации. Каталог- 98 МАСКОМ, М: 1998.-44с.
  6. DigiScan-2000. Новое поисковое программное обеспечение// Бизнес и безопасность. 2000. N4, С. 16-17.
  7. *Б.Н. Митяшев.* Определение временного положения импульсов при наличии помех. М.: Сов.радио, 1962.-200 с.
  8. *Гриши» Ю.П., Инатов В.П., КазаринюЮ.М.* Радиотехнические системы. М.: Высш.шк,1990.-496с.

УДК 681.3

Белошапкин В.К., Пустовит С.Н.,  
Пустовит С.С., Терещенко П.И.

### ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ДЕКОМПОЗИЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

В настоящей статье предлагается описание и условия применимости метода декомпозиции, позволяющего значительно сокращать расход вычислительных ресурсов при решении задач оптимального проектирования общей топологической структуры компьютерных сетей.

Рассматриваемый способ снижения трудоемкости задачи основан на том, что в процессе решения задачи оптимизации достаточно знать не точное значение целевой функции на каждом шаге, а лишь знак ее изменения. Поэтому, если можно построить такую функцию, которая будет проще в вычислительном отношении и в определенном смысле эквивалентна исходной целевой функции, то за счет построения такой функции и использования ее в качестве целевой можно уменьшить трудоемкость решения задачи.

В рассматриваемой задаче основные сложности при вычислении целевой функции связаны с размерностью задачи. Так, например, в сети из 10 узлов существует  $2^{45}$  вариантов расположения каналов связи. При современном уровне развития вычислительной техники выполнить анализ всех вариантов невозможно. Поэтому цель предлагаемого метода – понижение размерности системы.

Основным приемом в рассматриваемой процедуре является фиксация определенных компонент матрицы соединений в зависимости от выполнения некоторых условий.

Задача общего топологического синтеза формулируется следующим образом.

Пусть заданна матрица информационных потоков между каждой парой узлов:

$$\Lambda = \|\Lambda_{ij}\|$$

матрица стоимости аренды каналов:

$$C = \|c_{ij}\|$$

необходимо найти количество и тип каналов связи  $n_{rh}$  в каждом соединении (r, h) со скоростью передачи  $V_{rh}$  т.е. матрицу соединений

$$N = \|n_{rh}\|$$

и величины потоков в каждом соединении

$$F = \|f_{rh}\|$$

так чтобы