

DOI: <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.12.5>

УДК: 004.056.5

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОИСКОВОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ РЕЗОНАНСНО-РЕФЛЕКТОМЕТРИЧЕСКОЙ ЛОКАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАКЛАДНЫХ РАДИОУСТРОЙСТВ

М. А. Буневич, А. И. Майоров, И. А. Врублевский

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
220013, Беларусь, Минск, ул. П. Бровки 6

Статья поступила в редакцию 25 мая 2021 г.

**Аннотация.** Рассмотрены принципы резонансно-рефлектометрической локации. Показано, что использование сигнала с резонансной частотой колебательного контура антенной системы закладного устройства вызывает значительное увеличение мощности принятого сигнала на входе приемника локатора. Такое увеличение мощности принятого сигнала при перестройке частоты локатора свидетельствует о нахождении закладного радиоустройства в зоне зондирующего излучения. Для изучения особенностей рефлектометрической локации при поиске закладных радиоустройств были разработаны имитаторы реальных закладных устройств, работающих на частотах 433, 915 и 1575 МГц. Представлены результаты экспериментов по обнаружению закладного радиоустройства на расстоянии 5, 10, 20 и 30 см от поискового прибора методами резонансно-рефлектометрической локации и нелинейной локации с использованием комплекса «Катран».

**Ключевые слова:** резонансно-рефлектометрическая локация, закладные радиоустройства, комплекс «Катран», утечка информации, техническая защита информации.

**Abstract.** The principles of resonant reflectometric location are considered. It is shown that the use of a signal with the resonant frequency of the oscillatory circuit of the antenna system of the embedded device causes a significant increase in the power of the received signal at the input of the locator receiver. Such an increase in the power

of the received signal when the frequency of the locator is tuned indicates that the embedded radio device is in the zone of the probing radiation. To study the features of reflectometric location when searching for embedded radio devices, simulators of real embedded devices operating at frequencies of 433, 915 and 1575 MHz were developed. The results of experiments on the detection of embedded radio devices at a distance of 5, 10, 20 and 30 cm from the search device by the methods of resonant reflectometric location and nonlinear location using the Katran complex are presented.

**Key words:** resonant reflectometry location, embedded radios, complex "Katran", information leakage, information security.

### **Введение.**

Согласно данным статистики, каждая седьмая утечка информации в мире происходит из государственного сектора [1]. Более того, две трети утечек информации носят умышленный характер.

В настоящее время информационные ресурсы, несмотря на свои большие объёмы информации, характеризуются широким спектром информации с ограниченным распространением. Это относится к таким категориям данных, как «государственная тайна», «служебная тайна», а также персональные данные граждан. Ущерб от утечек информации во многих случаях может привести к значительным материальным и финансовым потерям.

Таким образом, наличие каналов утечки информации несет угрозу информационной безопасности. Поэтому актуальной задачей является защита информации от утечки по техническим каналам. Можно отметить, что совершенствование методов и средств технической защиты информации идет вплотную с совершенствованием методов негласного съема информации. При этом темпы совершенствования способов и инструментов негласного съема информации могут значительно превышать темпы совершенствования средств и способов обеспечения технической защиты информации, что вызывает необходимость разработки комплексов на новых принципах для поиска закладных устройств негласного съема информации [2].

Целью статьи являлось экспериментальная оценка возможностей нового метода рефлектометрической локации для применения при поиске закладных радиоустройств.

## 1. Принципы резонансно-рефлектометрической локации.

Резонансно-рефлектометрическая локация является перспективным методом для решения следующих задач в поисковой технике по обнаружению закладных устройств: облучать окружающее пространство зондирующими импульсами в диапазоне частот работы закладных радиоустройств (100 МГц...6 ГГц) и принимать отраженные сигналы, содержащие информацию об облученных предметах.

Основное уравнение радиолокации имеет вид:

$$P_{\text{пр}} = \frac{P_t G_t A_r \sigma}{(4\pi)^2 D^2}, \quad (1)$$

где:

$P_{\text{пр}}$  – мощность сигнала на входе приемника;

$P_t$  – мощность радиопередатчика;

$G_t$  – коэффициент усиления передающей антенны;

$A_r$  – эффективная площадь антенны;

$\sigma$  – эффективная отражающая поверхность;

$D$  – расстояние от цели до локатора.

В уравнении 1 – эффективная отражающая поверхность цели (далее – ЭОП) характеризует площадь некоторого фиксированного изотропного (рассеивающего равномерно во всех направлениях сферы) вторичного излучателя, который, будучи помещенным на место цели, равномерно рассеивает всю падающую на него мощность и создает у раскрытой приемной антенны такую же плотность потока мощности, что и сама цель [3].

Как правило, закладные радиоустройства имеют малые габариты, поэтому ЭОП таких устройств сравнима с длиной волны зондирующих сигналов. Применимо к резонансно-рефлектометрической локации в качестве цели выступает антенная система закладного радиоустройства. Простейшим аналогом

закладного устройства в радиолокации является полуволновой вибратор. При равенстве длины вибратора  $l$  целому числу полуволн наступает резонанс наведенного тока. Обобщенная зависимость ЭОП излучения от величины  $l/\lambda$  представлена на рисунке 1 [4]. Стоит также отметить, что данная зависимость будет справедлива для любых типов антенных систем закладных радиоустройств.

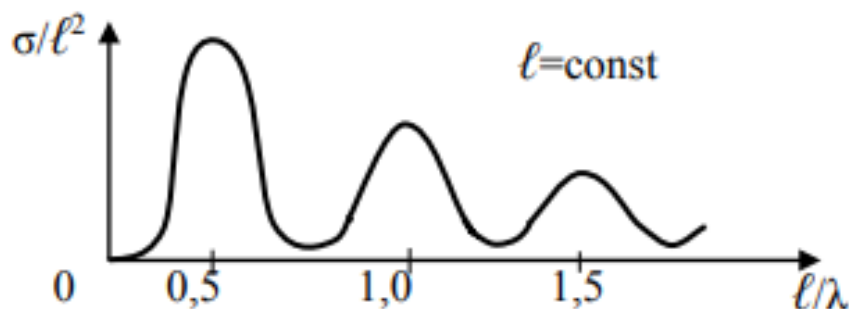


Рис. 1. Обобщенная зависимость эффективной отражающей поверхности излучения от величины  $l/\lambda$ .

С изменением частоты зондирующего сигнала ЭОП закладного радиоустройства будет изменяться. В свою очередь при совпадении частоты зондирующего сигнала с резонансной частотой колебательного контура антенной системы закладного радиоустройства ЭОП, мощность сигнала на входе приемника локатора значительно увеличивается (рисунок 1).

Большинство закладных радиоустройств работают на фиксированной частоте или в узком частотном диапазоне. Антенные системы таких устройств имеет высокую добротность. На рисунке 2 представлена обобщенная зависимость наведенного тока в колебательном контуре от частоты и добротности контура. При облучении зондирующим сигналом устройств с высокодобротным контуром с частотой, равной резонансной частоте контура, амплитуда наведенных токов в контуре увеличится пропорционально добротности контура и, как следствие, это будет приводить к увеличению мощности сигнала на входе приемника локатора.

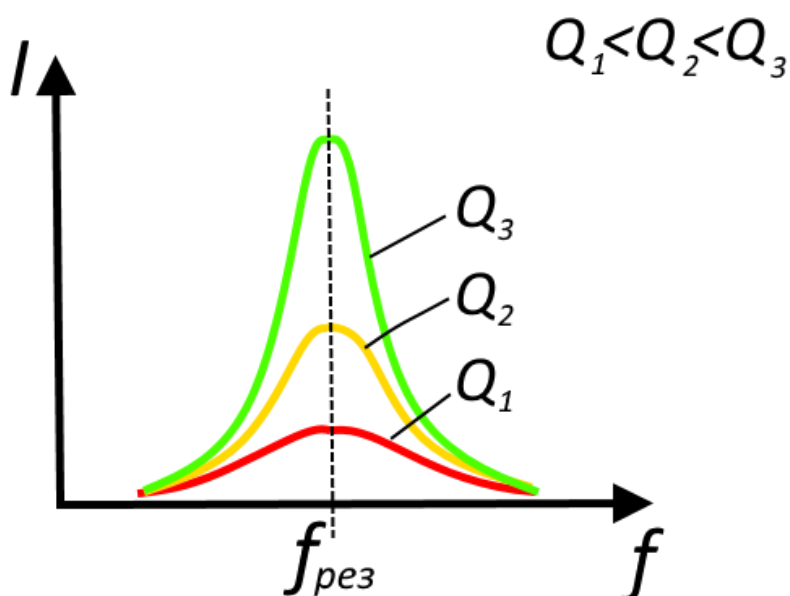


Рис. 2. Обобщенная зависимость наведенного тока в колебательном контуре от частоты и добротности контура.

Резкое увеличение мощности принятого сигнала при перестройке частоты локатора будет свидетельствовать о нахождении закладного радиотехнического устройства в зоне зондирующего излучения.

## 2. Экспериментальная часть.

С целью изучения особенностей резонансно-рефлектометрической локации при поиске закладных радиоустройств, были разработаны имитаторы реальных закладных устройств, работающих на частотах 433 МГц (далее – радиоустройство 1), 915 МГц (далее – радиоустройство 2) и 1575 МГц (далее – радиоустройство 3). Внешний вид имитаторов для различных частот представлен на рисунках 3-5 соответственно.

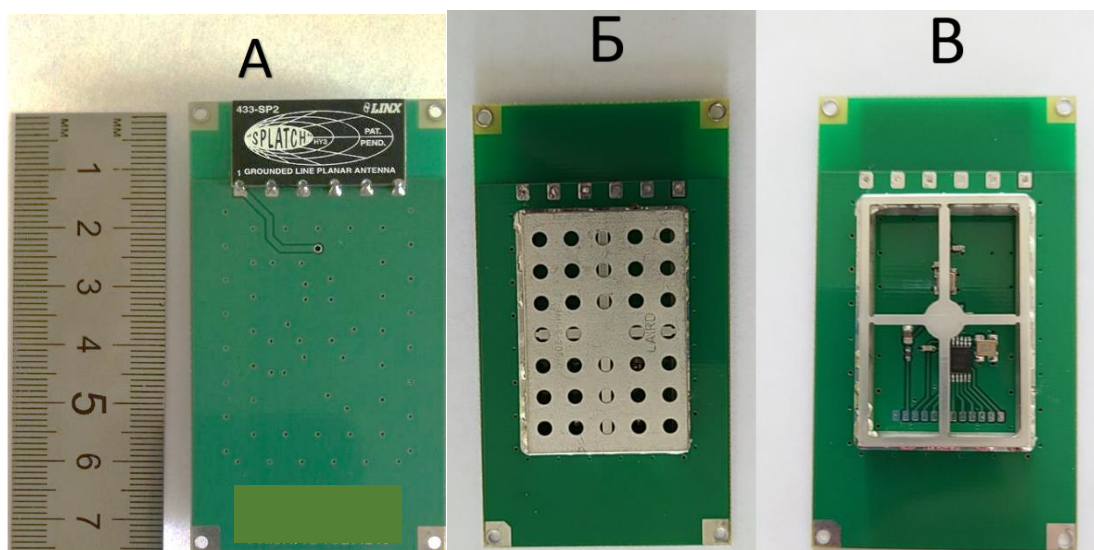


Рис. 3. Внешний вид радиоустройства 1, используемого в качестве имитатора на частоте 433 МГц: *A* – Верхний слой печатной платы; *B* – нижний слой печатной платы с установленным экраном; *B* – нижний слой печатной платы без экрана.

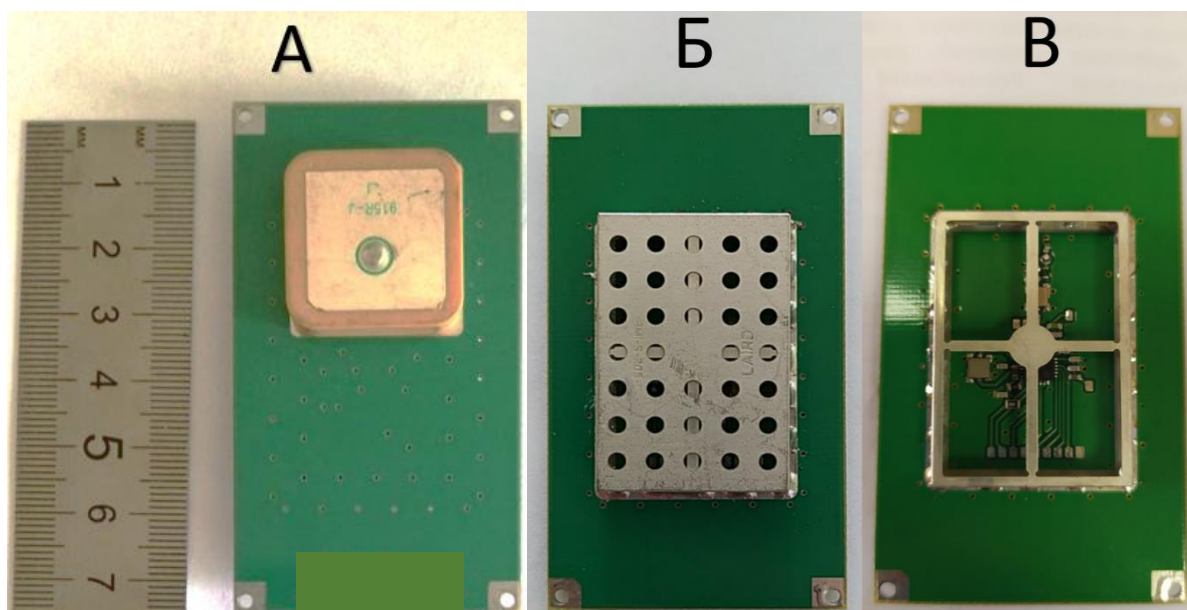


Рис. 4. Внешний вид радиоустройства 2, используемого в качестве имитатора на частоте 915 МГц: *A* – Верхний слой печатной платы; *B* – нижний слой печатной платы с установленным экраном; *B* – нижний слой печатной платы без экрана.

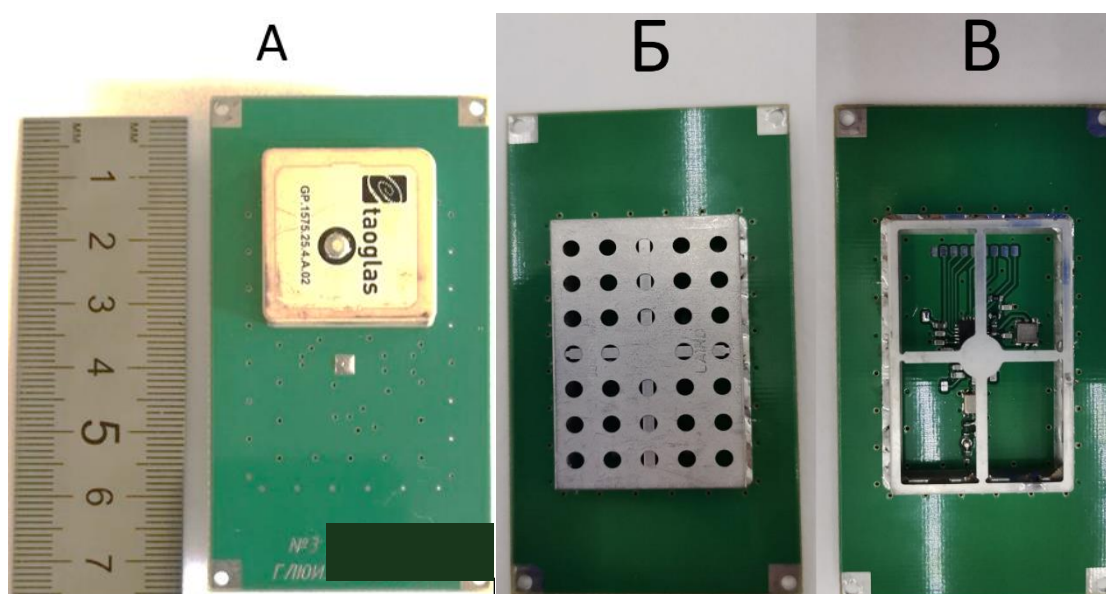


Рис. 5. Внешний вид радиоустройства 3, используемого в качестве имитатора на частоте 1575 МГц: *А* – Верхний слой печатной платы; *Б* – нижний слой печатной платы с установленным экраном; *В* – нижний слой печатной платы без экрана.

Каждый имитатор имел набор традиционных компонентов беспроводных систем: микросхему приемопередатчика, фильтры и соответствующие антенны. Функционально имитатор представляет собой полноценный радиотракт закладного радиоустройства, находящегося в выключенном состоянии. Конструктивно имитаторы были выполнены на печатных платах одинакового размера. Все компоненты (кроме антенн) располагались с одной стороны платы под электромагнитным экраном со съемной крышкой. Обратная сторона печатных плат была полностью металлизирована. В радиоустройстве 1 используется антенна ANT-433-SP, 433 MHz MONOPOLE CHIP, в радиоустройстве 2 – антенна BeiDou Patch Antenna 915 MHz, а в радиоустройстве 3 – антенна CGGBP.25.4.A.02 25\*25\*4 mm GPS/GLONASS/GALILEO/BeiDou Patch Antenna\GPS-GALILEO 1575MHz.

Внешний вид прототипа резонансно-рефлектометрического локатора, для проведения поиска закладных радиоустройств представлен на рисунке 6.

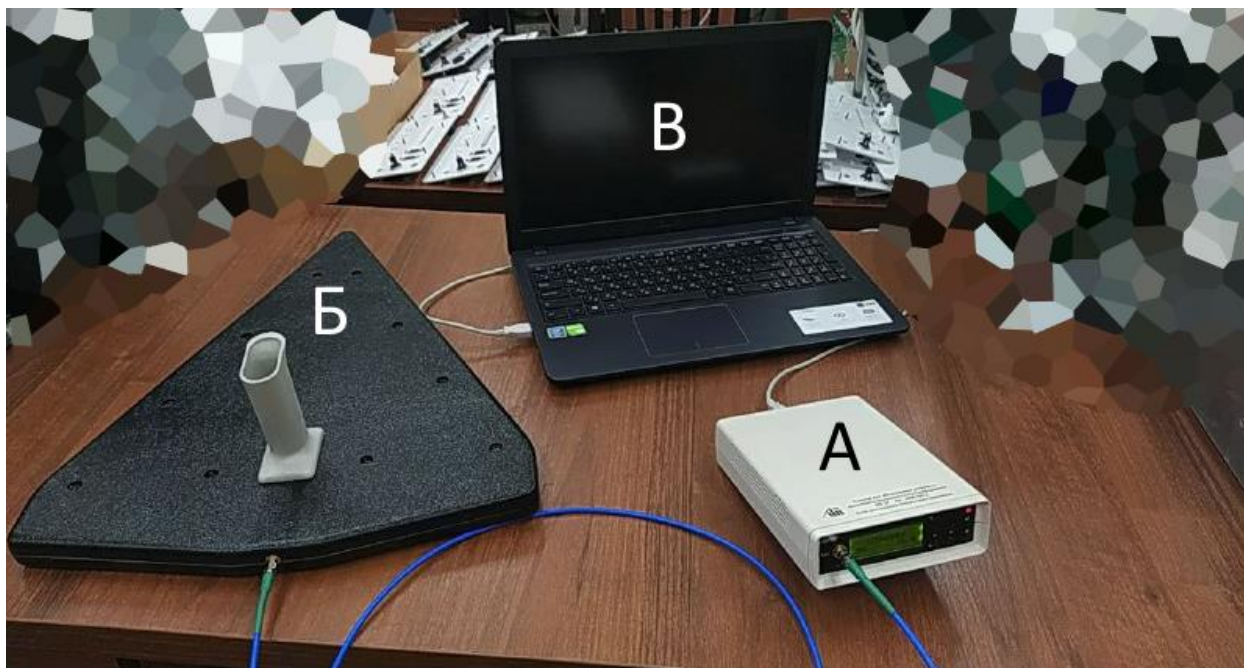


Рис. 6. Общий вид аппаратно-программного комплекса для резонансно-рефлектометрической локации. *A* – блок автономный генераторно-приемный; *B* – антенна широкополосная АШ; *B* – ноутбук со специальным программным обеспечением для детальной обработки информации.

Разработанный аппаратно-программный комплекс резонансно-рефлектометрической локации для обнаружения устройств несанкционированного съема информации предназначен для выявления приемопередающих устройств несанкционированного съема информации по резонансным явлениям в их антенных системах и в сопутствующих фильтрующих элементах. Локатор обеспечивает генерацию зондирующих сигналов, и одновременный прием отраженных сигналов в диапазоне рабочих частот от 30 до 3000 МГц в режиме реального времени. Время анализа (сканирования) всего диапазона частот локатора для обнаружения закладных радиоустройств не превышает 3 с.

В автономном генераторно-приемном блоке локатора для обнаружения устройств несанкционированного съема информации реализована поддержка зондирующих сигналов специальных форм: перестраиваемые по частоте гармонические короткие радиоимпульсы; при сканировании частотного диапазона длительность радиоимпульсов перестраивается программно от 20 до 1000 нс. В локаторе используется временная развязка сигналов.



Диапазон регулировки выходной мощности радиоимпульсов находится в пределах 10 - 23 дБм. Широкополосная антенна обеспечивает согласованный с генераторно-приемным блоком непрерывно перекрываемый диапазон частот от 300 до 3000 МГц.

Для отображения основной информации на корпусе генераторно-приемного блока размещался дисплей. С целью точной настройки и отображения текущей информации было разработано специальное программное обеспечение. Интерфейс главного экрана программного обеспечения представлен на рисунке 7.

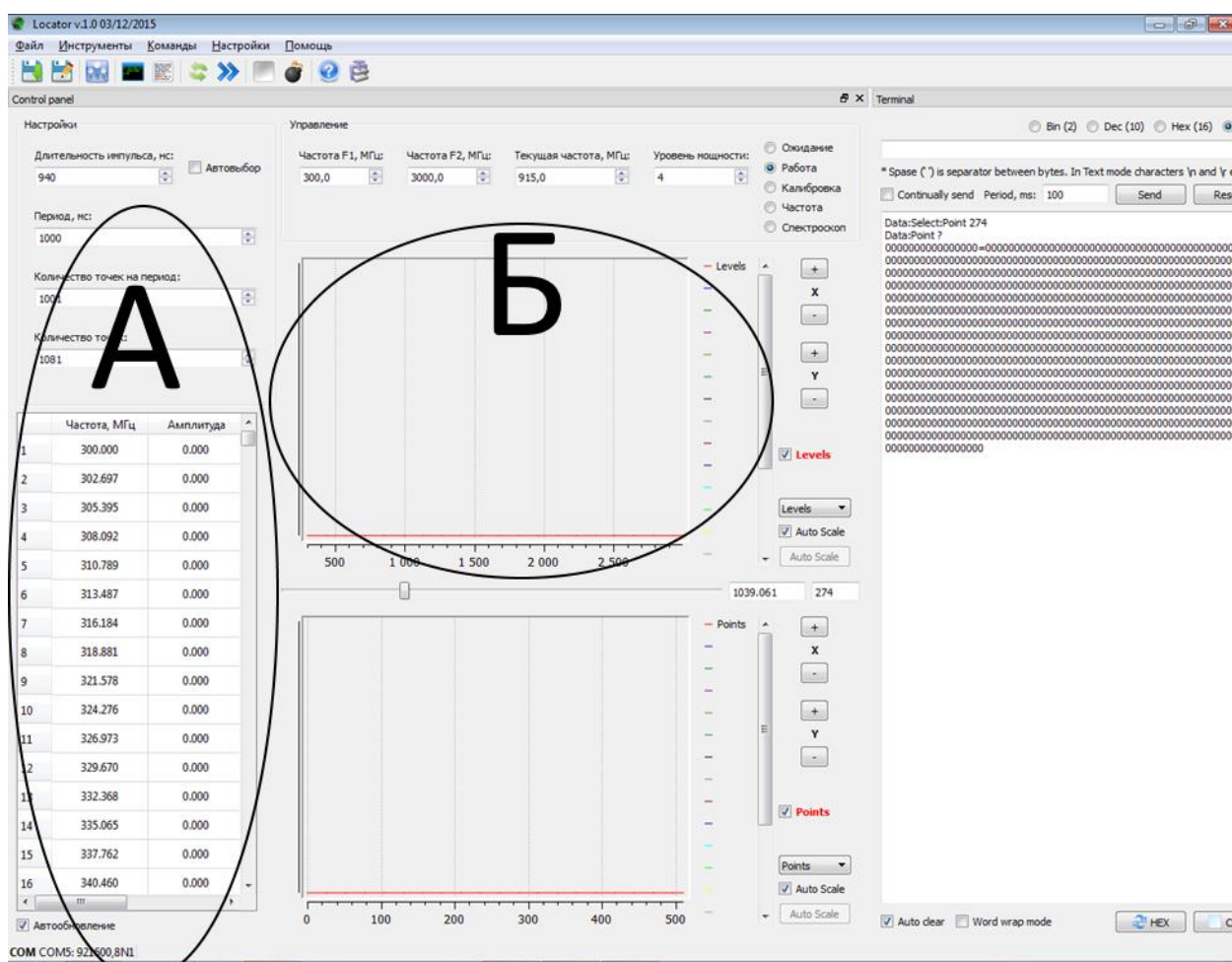


Рис. 7. Интерфейс специального программного обеспечения аппаратно-программного комплекса резонансно-рефлектометрической локации.

В области А интерфейса отображаются данные о всех принятых сигналах: их частота и относительная амплитуда. В области Б эта информация представлена уже в графическом виде. По оси ординат отображается относительный уровень сигнала, по оси абсцисс – частота принятого сигнала.

### 3. Результаты.

Результаты исследований применения локатора для обнаружения радиоустройств 1 представлены на рисунках 8 и 9. В ходе экспериментов изучались возможности по обнаружению, закладного радиоустройства на расстоянии до 60 сантиметров.

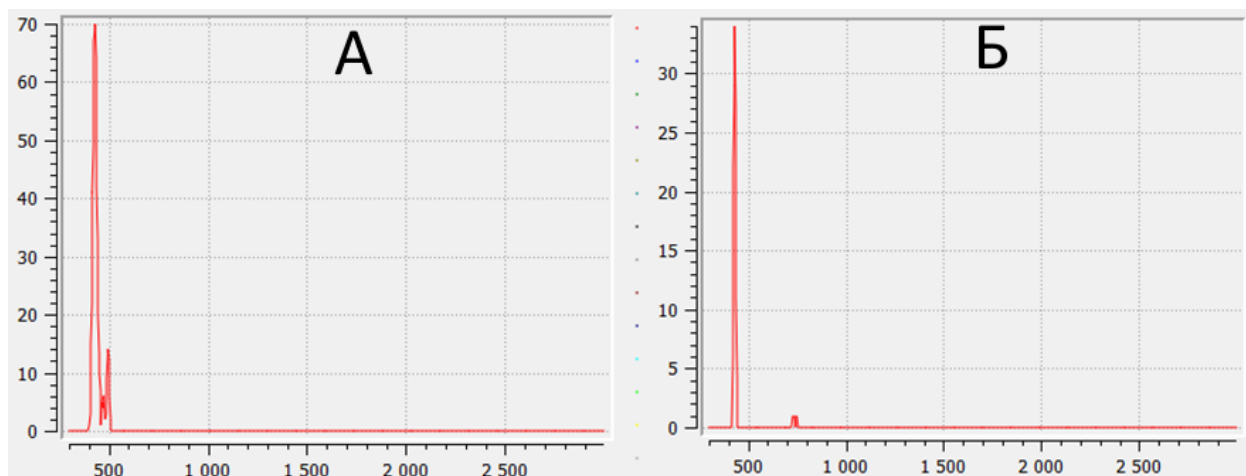


Рис. 8. Принятые отраженные сигналы при нахождении закладного радиоустройства 1 вблизи (А) и на расстоянии 20 сантиметров (Б) от локатора.

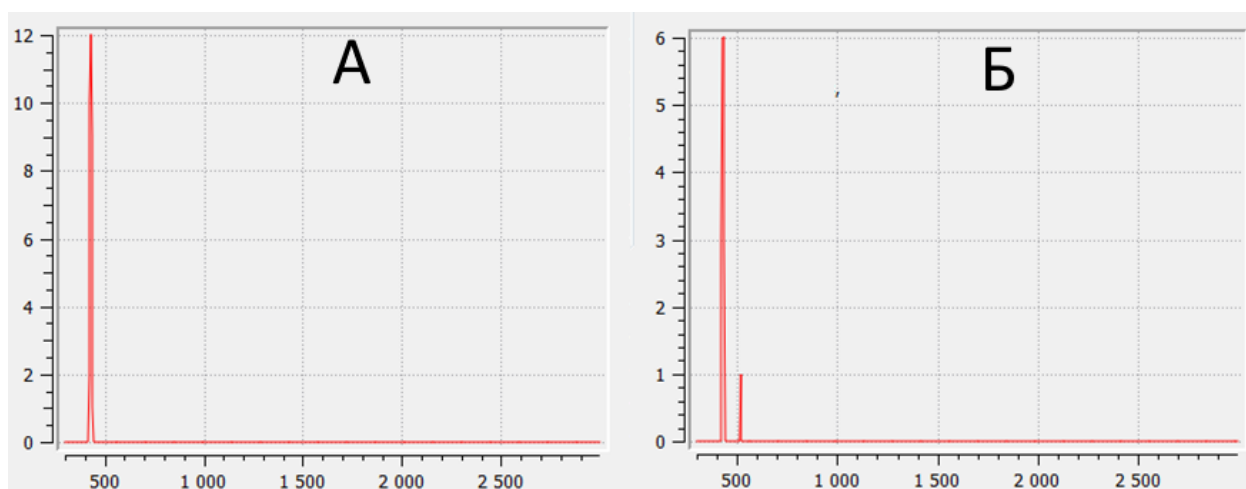


Рис. 9. Принятые отраженные сигналы при нахождении закладного радиоустройства 1 на расстоянии 40 (А) и 60 (Б) сантиметров от локатора.

При проведении экспериментов было сделано по 10 попыток по обнаружению закладного радиоустройства для каждого из расстояний. Закладное устройство считалось обнаруженным, если из 10 попыток по обнаружению, по крайней мере, 6 были успешными. Результаты экспериментов для расстояний от поискового прибора до радиоустройства  $r$  равных 5 см, 10 см,

20 см, 30 см сведены в таблицу 1. В таблице приняты следующие условные обозначения: если на заданном расстоянии удалось обнаружить радиоустройство – «+», если нет – «-».

Для сравнения в таблице 1 представлены также результаты, полученные методом нелинейной локации с использованием комплекса «КАТРАН» [5].

Таблица 1. Результаты эксперимента.

Поисковый прибор	Радиоустройство 1 без экрана	Радиоустройство 1 с экраном	Радиоустройство 2 без экрана	Радиоустройство 2 с экраном	Радиоустройство 3 без экрана	Радиоустройство 3 с экраном
$r = 5 \text{ см}$						
Нелинейный локатор «КАТРАН»	+	+	+	+	+	+
Резонансно- рефлектометрический локатор	+	+	+	+	+	+
$r = 10 \text{ см}$						
Нелинейный локатор «КАТРАН»	+	+	+	-	+	-
Резонансно- рефлектометрический локатор	+	+	+	+	+	+
$r = 20 \text{ см}$						
Нелинейный локатор «КАТРАН»	+	-	+	-	+	-
Резонансно- рефлектометрический локатор	+	+	+	+	+	+
$r = 30 \text{ см}$						
Нелинейный локатор «КАТРАН»	+	-	-	-	+	-
Резонансно- рефлектометрический локатор	+	+	+	+	+	+

Как видно из данных таблицы 1, резонансно-рефлектометрический локатор смог обнаружить закладные радиоустройства на всех расстояниях, выбранных для испытаний. Стоит также отметить, что данным поисковым АПК удалось обнаружить закладные радиоустройства на расстояниях до 60 см.

Полученные результаты показывают, что нелинейный локатор не смог обнаружить закладные устройства из-за размещения их в экранирующем корпусе. Если, помимо этого, в устройстве используются элементарные фильтры (преселектор на входе приемника или фильтр гармоник на выходе передатчика), то эффект нелинейной локации перестает работать. В этом случае зондирующий сигнал локатора, излучаемый в узком диапазоне частот, либо не достигает полупроводниковых компонентов, либо гармоники сигнала, если они и возникли за счет нелинейностей, отфильтровываются на обратном пути к антенне.

Следует отметить, что метод поиска радиоустройств с применением резонансно-рефлектометрической локации базируется на работе с антенной системой закладного радиоустройства. Более того, для нормальной работы закладного радиоустройства необходимо, чтобы работе антенной системы не мешали экранирующие либо другие конструкции, которые могут применяться для уменьшения вероятности обнаружения закладного устройства. Поскольку антенная система уже по определению усиливает сигнал на определённой частоте. Следовательно, облучая устройство и его антенну зондирующими импульсами на резонансной частоте антенной системы, можно добиться особого отклика на входе приёмника радиолокатора. Такой отклик будет значительно больше, чем отклики от зондирующих сигналов на других частотах. Наличие такого отклика будет являться признаком нахождения в облучаемом пространстве закладного радиотехнического устройства.

С помощью прототипа поискового прибора, работающего по принципу резонансно-рефлектометрической локации, удалось обнаружить имитатор экранированного закладного радиоустройства на расстоянии до 60 см. В то же время дальность обнаружения закладных устройств с использованием нелинейного локатора не превышала 10 см.

Реализованный на принципах резонансно-рефлектометрической локации поисковый прибор способен обнаруживать закладные радиоустройства, как в активном, так и в выключенном состоянии. Более того и его работа не чувствительна к экранированию корпуса закладного устройства.

Разработанный аппаратно-программный комплекс резонансно-рефлектометрической локации может быть использован как дополнительный метод к уже существующим для большей результативностью поиска при исследованиях помещений на предмет закладных радиоустройств.

### **Заключение.**

Рассмотрены принципы резонансно-рефлектометрической локации. Показано, что использование сигнала с резонансной частотой колебательного контура антенной системы закладного устройства вызывает значительное увеличение мощности принятого сигнала на входе приемника локатора. Такое увеличение мощности принятого сигнала при перестройке частоты локатора свидетельствует о нахождении закладного радиоустройства в зоне зондирующего излучения. Для изучения особенностей рефлектометрической локации при поиске закладных радиоустройств были разработаны имитаторы реальных закладных устройств, работающих на частотах 433, 915 и 1575 МГц. Представлены результаты экспериментов по обнаружению закладного радиоустройства на расстоянии 5, 10, 20 и 30 см от поискового прибора методами резонансно-рефлектометрической локации и нелинейной локации с использованием комплекса «Катран».

Результаты исследований показывают, что прототип поискового прибора, работающий по принципу резонансно-рефлектометрической локации, позволил обнаружить имитаторы экранированных закладных устройств на расстоянии до 60 см от поискового прибора. В тоже время дальность обнаружения закладных устройств в этом эксперименте с использованием нелинейного локатора «Катран» не превышала 10 см.

Разработанный аппаратно-программный комплекс резонансно-рефлектометрической локации может использоваться при исследовании помещений на наличие закладных радиоустройств негласного съема информации дополнительно к уже существующим поисковым методам для обеспечения большей эффективности поиска.

## Литература

1. Аналитический центр InfoWatch. *Исследование утечек информации ограниченного доступа в госсекторе. Мир – Россия. 2018 год.* 2019. 24 с.
2. Алешин А.П. *Техническое обеспечение безопасности бизнеса.* Москва, Альфа-Пресс. 2006. 122 с.
3. Гринкевич А.В. *Радиолокация: учеб. пособие.* Минск, БГУИР. 2015. 190 с.
4. Сиверс А.П. *Радиолокационные приемники.* Москва, Советское радио. 1959. 531 с.
5. Каторин Ю.Ф., Разумовский А.В. Спивак А.И. *Техническая защита информации. Лабораторный практикум.* Санкт-Петербург, НИУ ИТМО. 2013. 114 с.

### Для цитирования:

Буневич М.А., Майоров А.И., Врублевский И.А. Использование поисковой техники на основе резонансно-рефлектометрической локации для обнаружения закладных радиоустройств. *Журнал радиоэлектроники* [электронный журнал]. 2021. №12. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.12.5>