

УДК 621.372, 621.3.09

С. Р. Комраз, инженер

В. В. Мирошников, д-р техн. наук, проф., проректор

Т. В. Победа, канд. техн. наук, доц.

E-mail: pobeda-tatyana@rambler.ru

Луганский государственный университет им. Владимира Даля, г. Луганск, ЛНР

Способ дистанционного обнаружения и идентификации потенциально опасных веществ

Рассмотрен способ идентификации веществ, в том числе представляющих опасность для окружающей среды и здоровья человека. Предложена система идентификации, которая реализует заявленный способ. Опасные вещества выявляются по разнице температуры и времени ее изменения в соответствии с поглощенной частью электромагнитного излучения.

Ключевые слова: идентификация, опасность, электромагнитное поле, коэффициент диэлектрических потерь, диапазон частот, длина волны.

Введение

Об актуальности мероприятий по выявлению скрытых угроз свидетельствует Указ Президента РФ от 15 февраля 2006 г. № 116 «О мерах по противодействию терроризма». Рост техногенных угроз в мире заставляет искать новые способы выявления устройств и веществ, которые могут представлять опасность для окружающей среды и здоровья человека. Заблаговременность выявления – необходимое условие предупреждения экстренных мероприятий для уменьшения опасности и предотвращения человеческих жертв. Необходимым условием является скрытность проводимых мероприятий.

Большинство современных систем для обнаружения присутствия опасных предметов основаны на взаимодействии электромагнитного поля с веществом. Такие системы требуют, чтобы представляющие опасность лица или предметы, проверялись в специально оборудованных точках [1]. Как правило, при проносе металлических объектов через эту точку подается предупреждающий сигнал, указывающий изменение в магнитном потоке. Этот тип системы просто обнаруживает металлические объекты без определения количества присутствующего металла. Ключи, драгоценности, часы и очки с металлической оправой могут заставить срабатывать такую систему. В то же время основной задачей является заблаговременное выявление носителя представляющих опас-

ность веществ и недопущение его в места скопления людей. Существуют системы распознавания таких веществ, которые требуют создания особых условий для эталонных образцов, одинаковых с анализируемым объектом. Такие устройства отличаются технически сложной реализацией [2, 3].

Главным недостатком является отсутствие мобильности современных систем, когда нужно выявлять опасные вещества и предметы в местах массового скопления людей или закрытых помещениях [4].

Постановка задачи

В связи с вышеизложенным предложен способ, который заключается в том, что при облучении направленным электромагнитным полем определенной длины волны происходит поглощение его искомым веществом и преобразование поглощенной энергии в тепло. По теплу, как реакции на поглощение, можно идентифицировать вещества, представляющие угрозу для человека и окружающей среды.

Целью исследований является получение спектра поглощения веществ спецхимии в диапазоне от 25 МГц до 300 ГГц и вычисление коэффициентов трансформации поглощенной ЭМ-энергии в тепловую.

Описание эксперимента

Известно, что межмолекулярные силы взаимодействия теоретическими расчетами не определяются и требуют исключительно экспериментальных исследований, в ходе которых заявленная полоса частот (25 МГц – 300 ГГц) разбивалась на два поддиапазона.

В диапазоне частот ниже 300 МГц экспериментальные исследования проводились конденсаторным методом в соответствии с ГОСТ 22372–77. Исследуемому веществу придавали форму круглого цилиндра высотой 3–5 мм и диаметром 30 мм и помещали между обкладками конденсатора. Одной из обкладок был микрометрический винт, необходимый для точного вычисления расстояния между обкладками. Такую конструкцию подключали к измерительной схеме (рис. 1).

Величина диэлектрических потерь W_e в диэлектрике, находящемся между обкладками конденсатора, определяется соотношением (1):

$$W_e = U^2 \omega C \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (1)$$

где U – напряжение на обкладках конденсатора; C – емкость конденсатора; $\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь; ω – круговая частота.

Диэлектрические потери в 1 см^3 диэлектрика в однородном поле E равны (2):

$$W_{\varepsilon} = E^2 \omega \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (2)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость.

Произведение $\varepsilon \operatorname{tg} \delta$ называется коэффициентом диэлектрических потерь.

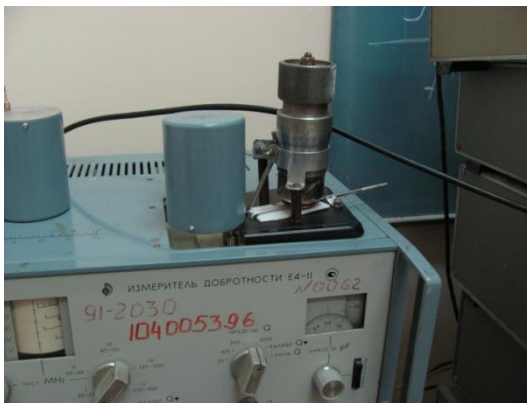


Рис. 1. Экспериментальная установка, реализующая конденсаторный метод

В области выше 300 МГц измерения проводились с использованием волноводов (рис. 2). Руководствуясь описанными в ГОСТ 27496.2–87 методами определения диэлектрических свойств на частотах свыше 300 МГц, исследуемое вещество помещалось либо непосредственно в волновод, либо в резонансную камеру. В первом случае изготавливался параллелепипед с основанием, точно соответствующим сечению волновода, и толщиной 3–5 мм и помещался в сечение волновода. Во втором случае формировался диск толщиной 3–5 мм и диаметром 30 мм, который размещался в разрыве волноводного канала.

Процедура выявления потенциально опасных веществ заключается в следующем. При облучении шумовым радаром формируется спектр, перекрывающий линии поглощения веществ, представляющих опасность. Часть излучения отражается и анализируется как при традиционной радиолокации. Часть излучения проходит без потерь, а еще часть поглощается потенциально опасным веществом и телом ее носителя. Поглощение фиксируется тепловизионным блоком. По разнице в росте температуры и времени «реакции» можно определить тип вещества. Кроме того, учитывается наличие полупроводниковых элементов как составляющих устройства, содержащие потенциально опасные веществ-

ва. К тому же тепловая картинка, изменяясь, показывает контур устройства или других скрытых под одеждой предметов.



Рис. 2. Установка для измерения ϵ и $\text{tg } \delta$ на частотах выше 300 МГц

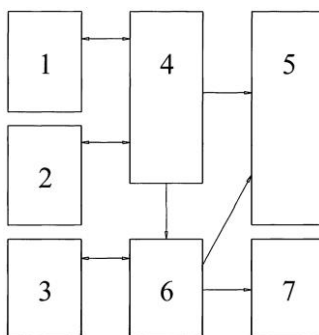


Рис. 3. Структурная схема системы дистанционной идентификации потенциально опасных веществ и предметов:

1 – видеоблок; 2 – тепловизионный блок; 3 – радиоблок; 4 – оптический блок;
5 – устройство визуализации; 6 – блок обработки и приема-передачи данных;
7 – блок управления

Измерения проводились по расчетам коэффициента стоячей волны и в сравнении ее с коэффициентом стоячей волны в воздухе. Этот метод, как и конденсаторный, основан на измерении добротности.

Для реализации предложенного способа разработана система дистанционной идентификации потенциально опасных веществ и предметов (рис. 3) [5].

Полученные от видеоблока и тепловизионного блока изображения передаются в оптический блок, в котором происходит сравнение изображений в установленном временном и пространственном режимах. Отображение видимой и тепловой картин отображается на дисплее оператора.

При обнаружении роста температуры выше установленного предела вследствие воздействия активирующего излучения шумового радара радиоблок блок обработки и приема-передачи данных подает сигнал оператору на дисплей с выделением зоны роста температуры. Одновременно с этим блок обработки и приема-передачи данных выдает сигналы на блок управления и оптический блок для перевода оптической оси системы в выбранном направлении и перестройки системы для идентификации потенциально опасных средств и его носителя. В этом режиме меняется режим приема-передачи данных, включается запись теплового и видеоканалов с одновременным архивированием на сменные носители и передачей на удаленный сервер.

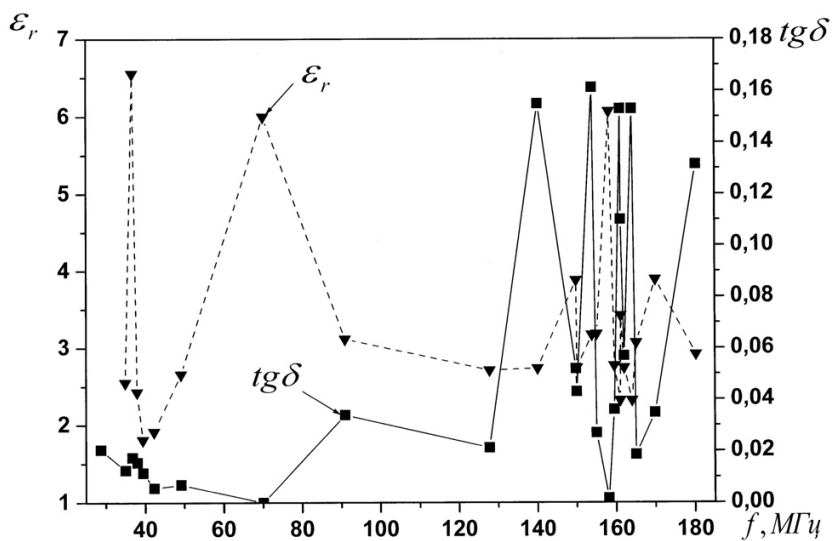
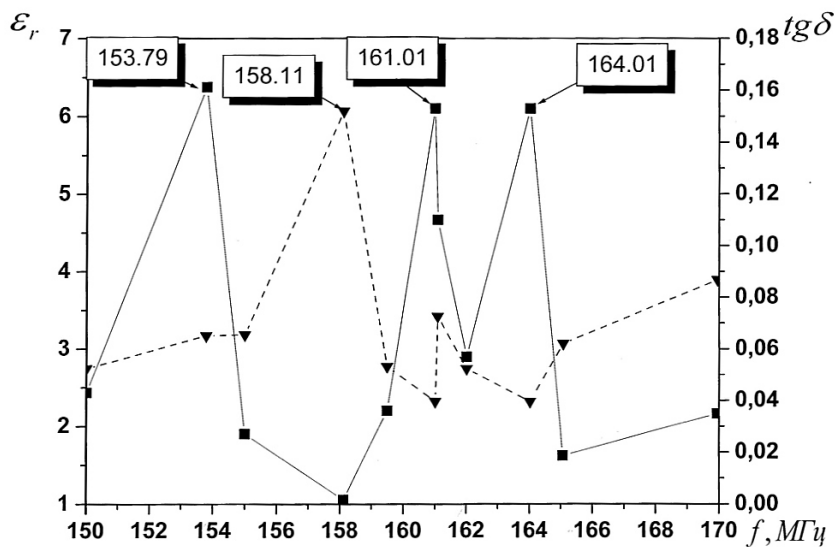
Выявленное изменение теплового контраста фиксируется по времени в соответствии с режимом работы радара радиоблока, на основании чего производится сравнение полученных данных с базой спектров поглощения известных веществ и собираются дополнительные сведения о наличии конструктивных элементов устройств, содержащих опасные вещества. В случае обнаружения у объекта признаков наличия такого устройства он выделяется красным маркером на дисплее.

Результаты и их обсуждение

На рис. 4 и 5 представлены полученные экспериментальным путем результаты измерений ϵ и $\operatorname{tg} \delta$ для тринитротолуола [5, 6].

Полученные результаты проверялись при дистанционном воздействии ЭМ-полей в области резонансов. Проверке экспериментальных данных был выбран пик значения ϵ с частотой 158,11 МГц.

Для проведения работ была задействована автоматизированная испытательная система, функционирующая под управлением специализированного программного обеспечения (ПО) R&S®EMC32 разработки фирмы Rohde & Schwarz.

Рис. 4. Результаты измерений ϵ и $\text{tg } \delta$ для тринитротолуолаРис. 5. Результаты измерений ϵ и $\text{tg } \delta$ для тринитротолуола в выделенной части низкочастотного спектра

Данные исследования проводились в рамках проекта по созданию системы дистанционного обнаружения и идентификации веществ спецхимии. Были проведены теоретические расчеты, создана модель внутримолекулярных колебаний, произведены расчеты рамановского рассеяния.

Выводы

На основании проведенных экспериментов было выявлено:

1) Полное соответствие результатов, проведенных конденсаторным методом и методом бесконтактного (дистанционного) воздействия.

2) Экспериментально подтверждена независимость расположения испытываемых образцов относительно электрического и магнитного векторов переменного ЭМ-поля.

3) Подтвержден факт поглощения переменного ЭМ-поля и преобразование его энергии в тепло.

4) Разработана методика эксперимента «Установление факта избирательного поглощения электромагнитного излучения заданной частоты испытуемыми образцами вещества, закрепленными на теле человека».

Таким образом, экспериментально подтверждена возможность идентификации веществ за счет поглощения на резонансных частотах энергии переменного ЭМ-поля и трансформации ее в тепло, что дает возможность обнаружения скрытых предметов и веществ, представляющих опасность для человека и окружающей среды.

Представленные исследования были выполнены при поддержке ООО «СОФКОМ», г. Москва, генеральный директор Алексей Викторович Маринчак.

Список литературы

1. Кихтенко, А. В. Обнаружение взрывоопасных объектов: аппаратное обеспечение антитеррористических служб / А. В. Кихтенко, К. В. Елисеев // Российский химический журнал. – 2005. – Т. 29, № 4. – С. 132–137.

2. Грузнов, В. М. Развитие в России методов обнаружения взрывчатых веществ / В. М. Грузнов, М. Н. Балдин, А. Л. Макасы, Б. Г. Титов // Журнал аналитической химии. – 2011. – Т. 66, № 11. – С. 1236–1246.

3. Айрапетян, В. С. Методы обнаружения взрывчатых веществ / В. С. Айрапетян, М. С. Бакуменко, С. Г. Губин // Интерэкспо-ГеоСибирь. – 2013. – Т. 5, № 2. – С. 170–177.

4. Ковалев, А. А. Технические средства антитеррористической и криминалистической диагностики: учеб. пособие / А. А. Ковалев, А. В. Ковалев; под общ. ред. В. В. Клюева. – Москва: Спектр, 2011. – 206 с.

5. Пат. 2489706 РФ, МПК C1 G01N 22/00. Способ обнаружения диверсионно-террористических средств и система для его реализации / С. Р. Комраз, А. В. Маринчак, В. И. Стеценко, С. Н. Лешок. – Опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22.

6. Комраз, С. Р. Способ обнаружения диверсионно-террористических средств / С. Р. Комраз, В. В. Мирошников, Т. В. Победа // Современные информационные, приборные и электротехнические комплексы: сб. тез. докл. 8-й Междунар. науч.-практ. конф. (Луганск, 22–23 апр. 2020 г.). – Луганск : Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2020. – С. 80–83.

S. R. Komraz, engineer

V. V. Miroshnikov, DSc in engineering, senior researcher

T. V. Pobeda, CSc in engineering, associate professor

E-mail: pobeda-tatyana@rambler.ru

Lugansk Vladimir Dahl State University, Lugansk, LPR

Detection and Identification of Potentially Hazardous Agents Method

Propose the method for identifying substances, including those posing a danger to the environment and human health, is considered. An identification system is proposed that implements the claimed method. Hazardous substances are identified by the temperature difference and the time of its change in accordance with the absorbed part of the electromagnetic radiation.

Keywords: identification, danger, electromagnetic field, dielectric loss coefficient, frequency range, wavelength.