

УДК 621.397:681.32

*Фещенко А.Б., канд. техн. наук, ст. преп., НУГЗУ,
Селеенко Е.Е., ст. преп., НУГЗУ,
Загора А.В., канд. техн. наук, ст. преп., НУГЗУ*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ОТКЛИКОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ

(представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

Показано, что для наиболее полной реализации возможностей радиолокационного метода при решении задач гуманитарного разминирования необходимо создание базы радиолокационных «портретов» взрывоопасных предметов. Приведены результаты математического моделирования частотных откликов (радиолокационных «портретов») диэлектрических взрывоопасных предметов.

Ключевые слова: радиолокационный «портрет», взрывоопасные предметы

Постановка проблемы. Анализ основных существующих электромагнитных методов зондирования взрывоопасных предметов (ВП) в укрывающих средах показал, что для решения задач гуманитарного разминирования, в первую очередь присущих спецподразделениям МЧС, наиболее перспективным является радиолокационный метод. Данное утверждение базируется на способности метода к обнаружению любых ВП (металлы, пластмассы и др.) в грунте и на его поверхности, а также принципиальной возможности распознавания (формы, размеров, материала и др.) обнаруженных объектов.

Процессы обнаружения и, особенно, распознавания ВП заключаются в сравнении электромагнитных откликов от объектов, расположенных в укрывающих средах, с радиолокационным «портретом» ВП, полученным априорно [1]. Чем больше таких «портретов», тем выше вероятность правильного обнаружения. Отсюда следует необходимость формирования базы радиолокационных «портретов» ВП.

Анализ последних исследований и публикаций. Обнаружение и идентификация ВП, в частности, мин различных типов, устанавливаемых в почву, сопряжены с рядом трудностей

[2,3]. Во-первых, сигнал, отраженный миной, принимается на фоне мощного отклика от границы раздела «воздух-почва». Во-вторых, задача усложняется непостоянством физических характеристик различных грунтов. Наиболее важными из них являются влажность, плотность, диэлектрическая проницаемость и удельная проводимость почвы. В-третьих, почва является неоднородной дисперсионной средой со значительным затуханием. В-четвертых, наличие в почве посторонних предметов, таких как камни, кирпичи, остатки труб и других искусственных объектов, приводит к повышению условных вероятностей принятия ложных решений. В-пятых, ввиду того, что различие диэлектрических проницаемостей диэлектрического корпуса мины и окружающего грунта мало, амплитуда сигнала, отраженного от такой мины будет весьма мала. Обнаружить пластиковую мину гораздо сложнее, чем металлическую.

В этой связи первоочередное значение приобретает получение максимально полной информации о рассеивающих свойствах ВП, о том, как эти свойства зависят от параметров грунта, глубины залегания в грунте, от типа и расположения ВП. Для получения априорной информации о рассеивающих свойствах ВП (радиолокационных «портретов») целесообразно применение математического моделирования.

При математическом моделировании электромагнитных откликов от объектов расположенных в почве, в том числе ВП, нашли применение различные методы: метод интегральных уравнений (ИУ); метод дискретных источников; метод конечных разностей во временной области [4,5,6].

Из анализа указанных работ следует, что при решении задачи математического моделирования электромагнитных полей, рассеянных ВП, предпочтительным является метод ИУ. Метод ИУ позволяет моделировать отклики от ВП произвольной формы и изготовленных из различных материалов в достаточно широком диапазоне частот. Метод позволяет учесть дисперсионные свойства различных типов почв, а также влажность и плотность почвы.

Постановка задачи и ее решение. На основе математических моделей для расчета электромагнитных откликов от идеально проводящих и диэлектрических объектов произвольной формы и ориентации, рассмотренных в работах [5-6], проведем исследование частотных откликов пластиковой противопехотной мины DM11.

Моделирование амплитуды напряженности магнитного поля $H(t)$ [А/м], рассеянного ВП, проводилось при следующих исходных данных:

- расстояние между излучающим и приемным элементами бистатического радиолокационного миноискателя в горизонтальной плоскости и их высота над поверхностью земли принимались равными 0,5 м;

- в качестве зондирующего моделировался сверхширокополосный сигнал с равномерным дискретным спектром от 100 до 1000 МГц, разнос между спектральными составляющими — 50 МГц;

- рассматривались два типа почв с различными плотностью ρ и влажностью W : серый суглинок, каштановый суглинок [7];

- при моделировании использовались данные о частотных зависимостях электрических параметров используемых типов почв, приведенные в работе;

- расстояние между поверхностью почвы и ВП предполагалось равным 6 см.

Результаты математического моделирования представлены на рис. 1.

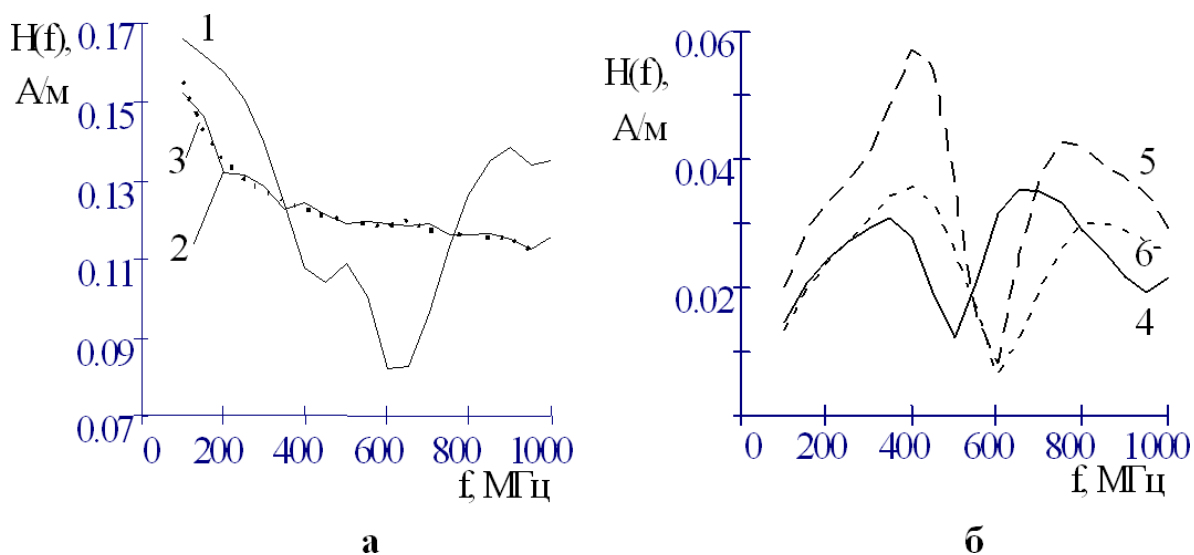


Рис. 1 – Частотные отклики пластиковой противопехотной мины DM11: а) в сером суглинке; б) в каштановом суглинке

На рис. 1а показан частотный отклик мины DM11 в сером суглинке с параметрами $\rho = 1,2$ г/см³, $W = 10\%$ (линия 1) и $\rho = 1,4$ г/см³, $W = 20\%$ (линия 2), линия 3 – отражение от поверхно-

сти почвы. На рис. 1б изображены частотные отклики от DM11 в каштановом суглинке с параметрами $\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$, $W = 10\%$ (линия 4) и $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$, $W = 20\%$ (линия 5), линия 6 – отражение от поверхности почвы.

Выводы. Проведенное моделирование частотных откликов пластиковой противопехотной мины DM11 является очередным шагом на пути создания базы радиолокационных «портретов» ВП. Результаты, полученные в ходе моделирования, целесообразно использовать при создании алгоритмов обнаружения и идентификации ВП. Это, в свою очередь, позволит наиболее полно реализовать возможности радиолокационного метода при создании дистанционных систем поиска ВП, находящихся в толще укрывающих сред. Учет полученных результатов позволит повысить условную вероятность правильного обнаружения, что особенно актуально при разведке неметаллических ВП (пластиковых или бескорпусных мин) и, как следствие, повысит эффективность предотвращения чрезвычайных ситуаций военного характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория и техника генерирования, излучения и приема радиолокационных сигналов. / Под ред. Ю.Н. Седышева. – ВирТА, 1986. — 650 с.
2. Сугак В. Г. Оценка разрешения по глубине при подповерхностном зондировании // Радиопизика и радиоастрономия. – 1998.–Т.3, №2.–С.130-136.
3. Васильев И.А., Геннадиева Е.Г., Ивашов С.И., Макаренков В.И., Метальников В.М., Разевиг В.В., Саблин В.Н., Шейко А.П. Многочастотный СВЧ-датчик для обнаружения мин // Радиотехника (г. Москва). – 1999. – № 2. – С. 49-52.
4. Колтон Д., Кресс Р. Методы интегральных уравнений в теории рассеяния: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 311 с.
5. Еремин Ю. А., Свешников А. Г. Метод дискретных источников в задачах электромагнитной дифракции. – М.: МГУ, 1992. – 182 с.
6. Сухаревский О. И., Залевский Г. С. Рассеяние электромагнитных волн подповерхностными объектами резонансных размеров // Радиопизика и радиоастрономия. – 1998. – Т. 3, № 1. – С. 37-42.

7. Хипп Дж. Зависимость электромагнитных характеристик почвы от влажности, плотности почвы и частоты // ТИИЭР. – 1974. – Т. 62., № 1. С. 122–127.
nuczu.edu.ua

Селеенко Є.Є., Загора О.В., Фещенко А.Б.

Математичне моделювання електромагнітних відгуків діелектричних вибухонебезпечних предметів

Показано, що для найбільш повної реалізації можливостей радіолокаційного методу при вирішенні завдань гуманітарного розмінування необхідно створення бази радіолокаційних «портретів» вибухонебезпечних предметів. Наведено результати математичного моделювання частотних відгуків (радіолокаційних «портретів») діелектричних вибухонебезпечних предметів.

Ключові слова: радіолокаційний «портрет», вибухонебезпечні предмети

Seleenko Y.Y., Zakora A.V., Feshchenko A.B.

Mathematical modeling of electromagnetic response of dielectric explosive objects

It is shown that to achieve the full realization of the potential of the radar method when solving the tasks of humanitarian demining is necessary to create a base of radar «portraits» of explosive objects. Results are given of mathematical modeling of frequency response (radar «portraits») dielectric explosive objects.

Key words: radar «portrait», explosive the subjects