

ДОСТОВЕРНОСТЬ ОЦЕНОК ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ УКРЫВАЮЩЕЙ СРЕДЫ, КАК ФАКТОР, СНИЖАЮЩИЙ КАЧЕСТВО ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Демьянюк Д.В.

Чугай К.Н. – канд. техн. наук, доцент

Качество работы радара подповерхностного зондирования определяется точностью полученных данных. Однако точность определения параметров заглубленного объекта (толщина и глубина залегания) сильно зависит от точности оценки априорной информации, в частности диэлектрической проницаемости грунта.

При проведении обнаружения заглубленных объектов при помощи радаров подповерхностного зондирования (РПЗ) основная цель заключается в точной оценке параметров заглубленного объекта.

Точность оценки параметров заглубленного объекта, таких как толщина, продольные размеры и глубина залегания, зависит от многих параметров: разрешающей способности РПЗ, параметров среды распространения, особенностей обработки и т.д..

В этой статье основной упор делается на зависимость точности оценки параметров заглубленного объекта от параметров грунта. Определение толщины объекта и глубины его залегания в грунте РПЗ с ЛЧМ сигналом осуществляется путем определения частоты биения между зондирующим и отраженным сигналами

$$F_{\epsilon} = (4\Delta f_c \cdot F_m \cdot h \cdot Re\sqrt{\epsilon})/c,$$

где Δf_c – ширина спектра, F_m – частота модуляции, c – скорость света в свободном пространстве, h – глубина залегания объекта, ϵ – комплексная диэлектрическая проницаемость грунта.

Но ситуация усложняется тем, что грунт – многокомпонентная система, электрофизические параметры которой не только зависят от его состава, но и варьируются в зависимости от его плотности (особенно для сухих почв), температуры, влажности, ширины спектра и частоты зондирующего сигнала и т.д [1]. Если почва сухая, то ее диэлектрическая проницаемость, в основном, определяется плотностью грунта. Но если влажная, то диэлектрическая проницаемость зависит от объема влаги в ней и определяется как для многокомпонентной среды. Точного способа определения диэлектрической проницаемости на сегодня не существует [2]. Однако имеются некоторые формулы, установленные эмпирическим путем [1], например, для двухкомпонентной смеси (почва и вода) хорошо подходит так называемая рефракционная формула:

$$\sqrt{\epsilon} = \Phi \cdot \sqrt{\epsilon_n} + (1 - \Phi) \sqrt{\epsilon_w},$$

где Φ – часть полного объема, занятого почвой (ϵ_n), а $1-\Phi$ – часть полного объема, занятого водой ϵ_w .

Отсутствие априорного сведения о диэлектрической проницаемости грунта и ее зависимость от многих внешних факторов могут привести к погрешности в определении параметров цели.

Для проверки зависимости ошибки определения глубины и толщины объекта от параметров грунта, была реализована модель в MathCad, которая позволяет изменять значение диэлектрической проницаемости среды распространения определять глубину и толщину заглубленного объекта. В качестве среды распространения был рассмотрен песок, с влажностью $W=4\%$ ($\epsilon = 5$) и $W=12\%$ ($\epsilon = 10,7$). В качестве объекта использовался объект в форме цилиндра с толщиной 0,13 м, и продольными размерами 0,25 м. Глубина залегания 0,3 м. В таблице 1 представлены результаты моделирования.

Таблица 1 – Зависимость ошибки измерения толщины и глубины от влажности грунта

При влажности W=4%							
Диэлектрическая проницаемость	3	4	4,5	5	5,5	6	6,5
Ошибка измерения толщины, см	0,744	0,458	0,423	0	-0,298	-0,793	-0,855
Ошибка измерения глубины, см	3,27	1,5	0,72	0	-0,69	-1,32	-2,52
При влажности W=12%							
Диэлектрическая проницаемость	8,7	9,7	10,2	10,7	11,2	11,7	12,7
Ошибка измерения толщины, см	0,363	0,212	0,059	0	-0,137	-0,393	-0,584
Ошибка измерения глубины, см	8,73	3,54	1,62	0	-1,41	-2,61	-3,69

Как видно из полученных результатов при значении диэлектрической проницаемости меньше истинного значения ошибка положительна, а при большем значении – отрицательна.

Таким образом неправильные сведения о параметрах среды распространения могут привести к значительным ошибкам при определении параметров объекта.

Список использованных источников:

1. Журнал радиоэлектроники [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://jre.cpiire.ru/jre/may10/4/text.html>.
2. Финкельштейн М.И. Радиолокация слоистых земных покровов. / М.И. Финкельштейн, В.Л. Мендельсон, В.А. Кутев – М. : "Сов. радио", 1977.