

УДК 621.396.967

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТЫХ ОБЪЕКТОВ

ГРИНКЕВИЧ А. В., ОРАБЕЙ М. С., ИВАНЕЦ В. В., ТОМАШЕВСКАЯ П. С.

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

*E-mail: grinkevich@bsuir.by, maxim23or20@gmail.com, valerus-1@mail.ru,
polinatomasevskaa30@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрена актуальность методов обнаружения скрытых под различными поверхностями объектов. Разработана структурная схема системы подповерхностного зондирования и алгоритмы обработки принятого сигнала. Представлены результаты обработки принятого сигнала и алгоритм формирования радиолокационного изображения скрытого объекта.

Abstract. The relevance of methods for detecting objects hidden under various surfaces is considered. A block diagram of the subsurface sounding system and algorithms for processing the received signal have been developed. The results of processing the received signal and the algorithm for generating a radar image of a hidden object are presented.

Актуальность создания подобных систем обусловлена объективной необходимостью решения задачи обнаружения скрытых объектов (в том числе обнаружения дефектов и неоднородностей) в различных укрывающих средах, при проведении поисково-спасательных работ и обеспечении безопасности зданий и сооружений.

В настоящее время не существует единого универсального подхода, позволяющего с высокой эффективностью обнаруживать и классифицировать скрытые объекты.

Среди существующего многообразия методов следует выделить неконтактные методы обнаружения, такие как [1]:

- 1 магнитометрические, индукционные;
- 2 тепловизионные;
- 3 радиолокационные;
- 4 рентгеновские;
- 5 акустические,

которые с достаточной эффективностью позволяют решать задачу обнаружения скрытых объектов, при соблюдении соответствующих условий.

Тепловизионный метод обнаружения изначально базируется на температурных различиях между материалом объекта и грунта. Современные устройства, реализующие этот метод, способны различать объекты, имеющие тепловой контраст более $0,1^{\circ}\text{C}$, что позволяет обнаружить крупноразмерный объект в сухом песке на глубине до 30 см. Однако для обнаружения небольших объектов или при сложных окружающих условиях (влажная почва, густая растительность) данные устройства не эффективны.

Радиолокационные методы. Достоинства радиолокационных методов объясняются, прежде всего, возможностью радиолокационной системы дистанционно обнаруживать и классифицировать объекты независимо от метеоусловий и естественной освещенности исследуемой поверхности. Поскольку создаваемое электромагнитное поле обладают проникающей способностью через укрывающие полупроводящие среды (грунт, растительность, снег, воду), под которыми могут находиться объекты поиска. В результате радиолокационные системы способны обнаруживать в укрывающих средах тайники, мины в диэлектрическом исполнении, металлические и пластмассовые трубы, пустоты.

Рентгеновские методы применяются для контроля багажа и почтовых отправок, различных контейнеров и транспортных средств, продуктов питания и сыпучих грузов, строительных конструкций, мебели и предметов обихода. Основным недостатком данных методов является низкая мобильность систем их реализующих.

Акустические методы также применяются для обнаружения малоконтрастных дефектов в гетерогенных структурах, таких как бетон, железобетон и другие строительные конструкции, где в соответствии со сложившейся практикой применяется либо метод радиографии (для толщин более 200

мм), либо флуороскопический метод (для меньшей толщины). В том и другом случаях существенное влияние на результаты контроля (выявляемость дефектов) оказывает неоднородность структуры бетона, что существенно влияет на обнаружение дефектов в виде пустот или инородных включений неправильной формы.

Предлагаемая система подповерхностного зондирования способна обнаруживать различные скрытые объекты в диэлектрических средах, таких как грунт, дорожное покрытие, бетонные и железобетонные конструкции. Так же она способна определять с высокой точностью параметры обнаруженного объекта (геометрические размеры, глубина залегания) и распознавать его класс [2].

Обобщенная структура системы подповерхностного зондирования представлена на рисунке 1. Она включает аналоговую часть в виде приемо-передающего и антенного модуля, цепи управления и отдельную часть, реализующую цифровую обработку принятого сигнала, в виде модуля весовой обработки и компенсации помехи, а также модуля обнаружения, измерения и распознавания. Отображение результатов обработки принятого сигнала реализуется с помощью модуля отображения.

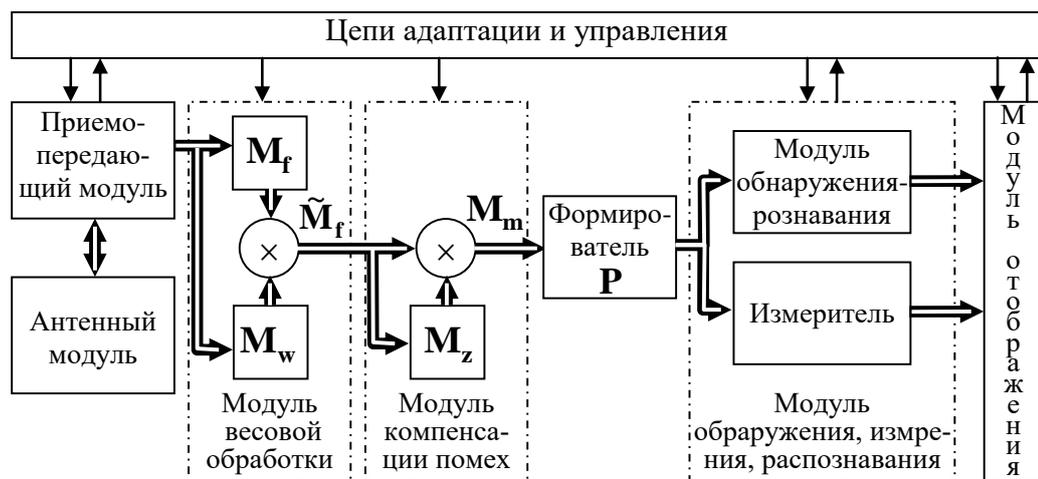


Рис. 1. Обобщенная структура системы подповерхностного зондирования

Передающая часть модуля в соответствии с принятым методом обзора формирует зондирующий сигнал, с базой сигнала порядка 10 тыс. Приемная часть модуля, обеспечивает требуемую линейность в выбранном частотном диапазоне и соответствующий динамический диапазон не менее 60 дБ, что позволяет обеспечить без искажений прием отраженного сигнала.

Учитывая выбранный частотный диапазон (короткий дециметровый), не обеспечивающий требуемую разрешающую способность (единицы сантиметров), в системе применяется адаптивный алгоритм формирования радиолокационного изображения, обеспечивающий «сверхразрешение» по глубине при соответствующем отношении сигнал/шум.

Результаты, характеризующие работу модуля обнаружения-распознавания, так же представлены на рисунке 2 и рисунке 3, в виде глубинного портрета и эталона, соответственно.

Оценка толщины заглубленного объекта составила 5,1 см, при реальной толщине объекта порядка 6 см.

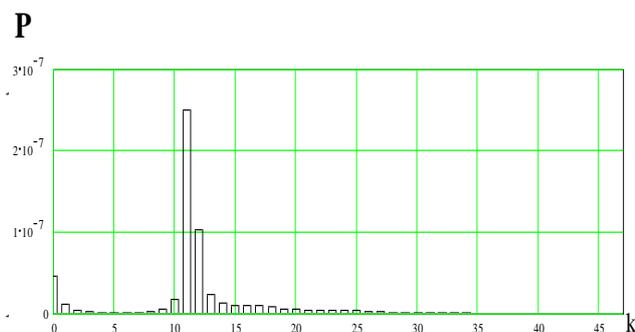


Рис. 2. Глубинный портрет диэлектрической шайбы

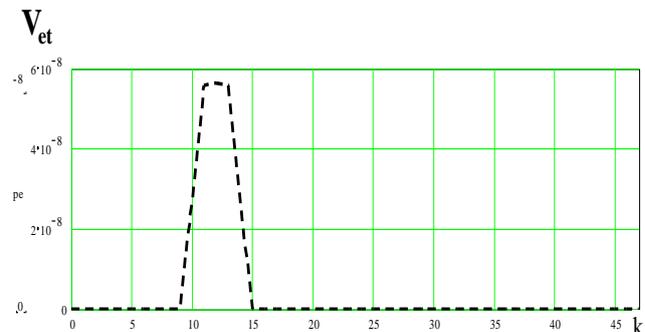


Рис. 3. Эталон, адаптированный к условиям наблюдения заглубленного объекта

В результате совместная обработка информации о наблюдаемом объекте позволяет с высокой достоверностью определить класс обнаруженного объекта.

Вся полученная в результате обработки информация в виде глубинных портретов, оцененных параметров отображается в модуле отображения информации для обеспечения максимальной эффективности решений, принимаемых оператором системы.

Заключение

Предложенный подход к реализации системы подповерхностного зондирования на основе частотного метода обзора, позволяет получать максимальной достоверную информацию о наблюдаемом объекте.

Основная проблема, с которой столкнулись в ходе технической реализации данного подхода наряду с реализацией аппаратной части, это разработка эффективных цепей адаптации к изменяющимся условиям наблюдения в результате сканирования участка местности.

Список использованных источников

1. Techno-NDT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://t-ndt.ru/stati/nerazrushayushhij-kontrol-metodyi,-xarakteristiki,-preimushhestva-1888.html>
2. Брякин, И. В. Методы подповерхностного зондирования и разработка устройства для локализации скрытых объектов / И. В. Брякин, И. В. Бочкарев // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. – 2021. – №6.