

Рисунок 1 – Воспроизведение 3D-модели шаблона, применяемого в процессе обучения:
а – внешний вид шаблона; *б* – подготовка 3D-модели шаблона

Подводя итог, следует отметить, что возможности 3D-печати позволяют воспроизводить реально существующие и вновь разработанные объекты как в реальных размерах, так и в крупных и мелких масштабах, учитывая особенности их сборки разборки и функционирования (рисунок 2).

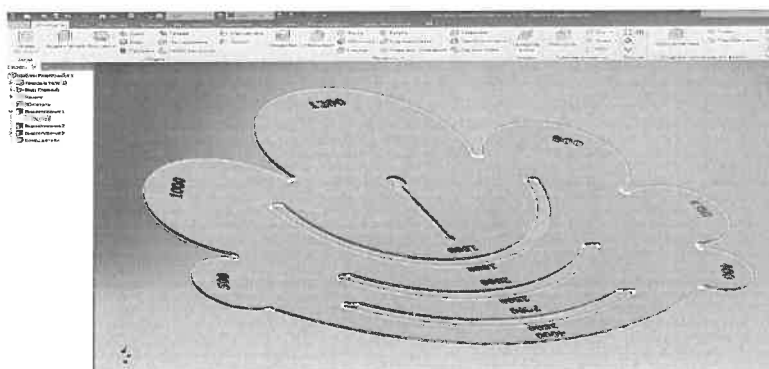


Рисунок 2 – Формирование параметрической модели шаблона для вписывания кривых с использованием Autodesk Inventor

Данный шаблон впоследствии может быть распечатан. Печать такого шаблона возможна как полимером, так и металлом в зависимости от назначения детали. Прочность деталей, созданных с помощью такой печати, может достигать существенных значений. Также следует отметить точность воспроизводства 3D-принтером размеров печатаемой заготовки.

Так называемый реверс-инжиниринг, реализуемый с помощью 3D-сканера, – метод быстрого получения цифрового представления физического объекта. Безусловно, можно использовать различный измерительный инструмент и создать 3D-модель вручную, но это приведет к большим затратам времени и трудовым затратам.

УДК 621.396.962.25

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫХ И ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ОБЪЕКТОВ

И. Ю. МАЛЕВИЧ, А. С. ЛОПАТЧЕНКО, Т. В. ШУКЕВИЧ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Подповерхностные радиолокационные обнаружители высоко востребованы для локализации неоднородностей и скрытых дефектов при мониторинге состояния дорожных покрытий и исследовании верхнего слоя земной поверхности в ходе строительства объектов различного назначения. Несмотря на наличие ряда специализированных устройств, проблема обеспечения надежного оперативного обнаружения приповерхностных и малозаглубленных объектов до конца не решена, что определяет актуальность задачи совершенствования технических решений радиолокационных обнаружителей малозаглубленных и приповерхностных объектов с непрерывным зондированием.

Как известно [1–6], работа ЛЧМ радарного обнаружителя подповерхностных объектов основана на частотном методе измерения дальности, который заключается в определении частотного сдвига, получаемого путем перемножения в смесителе принятого сигнала, отраженного от заглубленного объекта, с зондирующим сигналом. Полученный отклик разностной частоты, выделенный в виде компоненты биений, соответствует глубине расположения подповерхностного объекта.

Радиолокационный портрет подповерхностного объекта P вычисляется классическим коррелограммным методом спектрального оценивания:

$$P_n = \left| S_0^{<n>T} \overline{RS_0^{<n>}} \right|, n = \overline{0, N_a - 1},$$

где R – корреляционная матрица, полученная для разностных частот при Фурье-преобразовании; N_a – число элементов сформированного глубинного портрета; S_0 – матрица опорных частот.

Спецвычислитель выполняет спектральное оценивание разностной частоты, реализует в режиме реального времени алгоритмы обнаружения и распознавания приповерхностного объекта по глубинному портрету и обеспечивает передачу данных на устройство индикации.

На рисунке 1 для примера приведены общий вид заглубляемого объекта и соответствующее изображение экрана монитора обнаружителя.

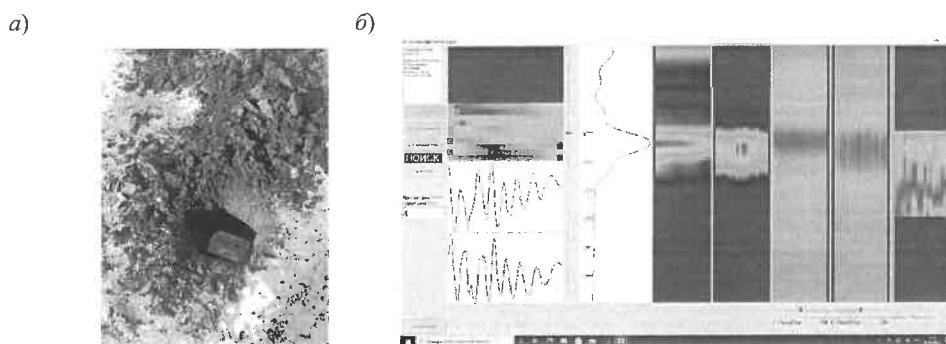


Рисунок 1 – Общий вид заглубляемого на 14 см диэлектрического объекта объемом 200 см³ (а) и экран индикатора обнаружителя (б)

В левом верхнем углу монитора находится изображение проекции мощности глубинного портрета заглубленного объекта на горизонтальную плоскость. Ниже отображаются осциллограммы квадратурных составляющих эхо-сигнала, спектрограмма которого показана в центре экрана. Справа от нее приведено пять полей для визуализации глубинной структуры среды в процессе сканирования антенного блока, соответственно: результаты обработки данных коррелограммным методом, коррелограммным методом с взвешенным вычитанием фона, отображение глубинных портретов первых двух полей в логарифмическом масштабе и результат применения метода максимального правдоподобия.

В целом аппаратно-программный комплекс для радиолокационного обнаружения мало заглубленных и приповерхностных объектов имеет характеристики, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики

Тип радара	Гомодинный
Вариант реализации	Бистатический
Тип зондирующего сигнала	Непрерывный ЛЧМ
Рабочий диапазон	L
База сигнала	3000–8000
Выходная мощность, мВт, не более	50
Коэффициент шума, дБ	6
Динамический диапазон, дБ, не менее	70
Обнаружение заглубленных объектов, см	0–40
Разрешение по глубине (супесь), см	3
Разрешение по поверхности, см	6–7
Электропитание от аккумуляторной батареи напряжением, В	12
Время непрерывной работы, ч, не менее	1
Вес, кг	10

Разработанный аппаратно-программный комплекс для радиолокационного обнаружения мало заглубленных и приповерхностных объектов позволяет бесконтактно, с малой энергетикой, высокой оперативностью и мобильностью выполнять площадные исследования глубинного портрета

грунта при мониторинге состояния дорожных покрытий и исследовании верхнего слоя земной поверхности при проведении мероприятий по локализации неоднородностей и скрытых дефектов.

Список литературы

- 1 **Филькенштейн, М. И.** Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / М. И. Филькенштейн, В. А. Кутев, В. П. Золоторев ; под ред. М. И. Филькенштейна. – М. : Недра, 1986. – 126 с.
- 2 **Komarov, I. V.** Fundamentals of Short-Range FM Radar / I. V. Komarov, S. M. Smolskiy, D. K. Barton. – Horwood : Artech House Publishers, 2003.
- 3 **Daniels, D. J.** Ground Penetrating Radar / D. J. Daniels. – London: The Institution of Electrical Engineers, 2004. – 726 p.
- 4 **Малевич, И. Ю.** Портативный ЛЧМ-радар подповерхностного зондирования / И. Ю. Малевич, А. С. Лопатченко // Доклады БГУИР. – 2019. – № 1 (119). – С. 75–82.
- 5 **Малевич, И. Ю.** Аппаратно-программная платформа для исследования радиоволновых средств с непрерывным зондированием / И. Ю. Малевич, А. С. Лопатченко // Актуальные вопросы развития систем автоматики, радиолокации и приемо-передающих устройств : материалы Респ. науч.-практ. семинара кафедры автоматики, радиолокации и приемо-передающих устройств УО «Военная академия Республики Беларусь». – Минск, 2022. – С. 29–31.
- 4 Подповерхностный ЛЧМ радиолокационный обнаружитель на самоходной платформе / И. Ю. Малевич [и др.] // Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем : сб. науч. ст. VII Междунар. науч.-практ. конф. (РАДИОИНФОКОМ-2023). – М. : 2023. – С. 17–20.

УДК 656.11:625.712

ОЦЕНКА РОВНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ГОРОДСКОЙ УЛИЦЫ

М. А. МАЛИКОВ, А. К. БЕКЕТОВ, К. Н. МУСУЛМАНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Безопасность дорожного движения всегда была сложной проблемой для стран всего мира [1]. Около 70 % дорожно-транспортных происшествий, связанных с погодными условиями, можно предотвратить, улучшив ровность дорожного покрытия и сцепление с дорогой.

В целях обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах проводится оценка транспортного и эксплуатационного состояния дорог. По статистическим данным, 70 % дорожно-транспортных происшествий происходит весной и осенью, а 30 % – летом, из-за того, что ровность дорожного покрытия и коэффициент сцепления находятся на минимальном значении [2].

Прежде чем оценить ровность покрытия и качество сцепления, была проанализирована часовая и суточная интенсивность движения автомобилей на городской улице. Первоочередной задачей является исследование показателей, характеризующих транспортное движение при организации безопасного дорожного движения. В качестве объекта исследования выбрана улица районного значения города Ташкента длиной 2500 метров.

Определить суточную интенсивность движения можно с помощью коэффициента конверсии по данным, полученным за 1 час по МКН 45-2007 [3]. Поскольку исследования проводились с 8:00 до 9:00 дня, мы можем получить результат, умножив на коэффициент $k = 17,56$ (таблица 1).

Таблица 1 – Суточная интенсивность движения

Тип транспортного средства	Интенсивность движения, авт./сут
Легковой автомобиль	43724
Автобус	351
Грузовой автомобиль, грузоподъемностью, т:	1492
– 3,5	
– 3,5–12	210
– 12	280

В настоящее время большая часть городских улиц работает с нагрузкой. Интенсивность и состав движения влияют на транспортные и эксплуатационные показатели покрытия, вызывая его рассыпание и появление различных деформаций. Вышеперечисленные факторы приводят к снижению ровности покрытия, качества сцепления ниже нормативного значения и отрицательно влияют на безопасность движения.