

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДПОВЕРХНОСТНОГО РАДАРА  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

В. А. БАДЕЕВ, Е. С. МАКСИМОВИЧ, В. А. МИХНЕВ

Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Подповерхностные радары последнее время находят все большее применение в области контроля строительных конструкций, таких как кирпичные и бетонные здания, мосты, тоннели, дорожные покрытия, взлетно-посадочные полосы. Широкий спектр применения обеспечивается глубиной проникновения электромагнитной волны в диэлектрические материалы и достаточным разрешением для оценки толщины слоев материалов, обнаружения даже слабоконтрастных инородных включений.

Применительно к оценке состояния дорог и мостов важна высокая плотность собираемых радаром данных по всей ширине объекта. Использование традиционных методов может быть дорогим, трудоемким и не дающим целостной картины подземных изображений. Именно поэтому подповерхностный радар предлагает лучший способ быстрого сбора, обработки и визуализации данных с высокой плотностью для построения диэлектрического профиля исследуемого объекта в реальном времени.

Натурные испытания радара, разработанного в Институте прикладной физики НАН Беларуси [1], проводились непосредственно на участке проезжей части дороги и съезда с нее после ремонта. В качестве приемно-передающей системы использовались антенны на основе расширяющейся щели, расположенные в бистатической конфигурации. Съем данных производился при перемещении радара вдоль дорожного полотна с интервалом 2 см. Обработка полученных данных включала в себя обратное дискретное преобразование Фурье с использованием окна Кайзера 5-го порядка для сглаживания боковых лепестков спектра сигнала. Так как самым сильным отражением является отражение непосредственно от границы воздух/дорожное покрытие, то за нулевую точку отсчета глубины принималось положение пика отраженного сигнала, полученного при калибровке радара с использованием листа металла.

Известно, что типичный срез по глубине асфальтового дорожного покрытия состоит из следующих слоев:

- до 8 см – мелкозернистый асфальт;
- 8...20 см – крупнозернистая подложка;
- 20...60 см – щебневая подушка;
- после 60 см – песчано-гравийная смесь и земля.

На рис. 1 показаны поперечные срезы исследуемого дорожного полотна при двух разных проходах съема данных. Цветовая шкала отображает

относительную амплитуду принятого сигнала в каждой точке изображения. На рис.1, *a* четко отслеживается участок проезжей части ближе к бордюру. Меньшие нагрузки привели к меньшему послойному нарушению. На рис.1, *b* показано заметно усиленное покрытие и неравномерность глубинных слоев. Рис.1, *c* демонстрирует, что на съезде с дороги при реконструкции образовавшуюся яму засыпали песком, добавив крупные камни и обломки асфальта, что приведет впоследствии к образованию линз.

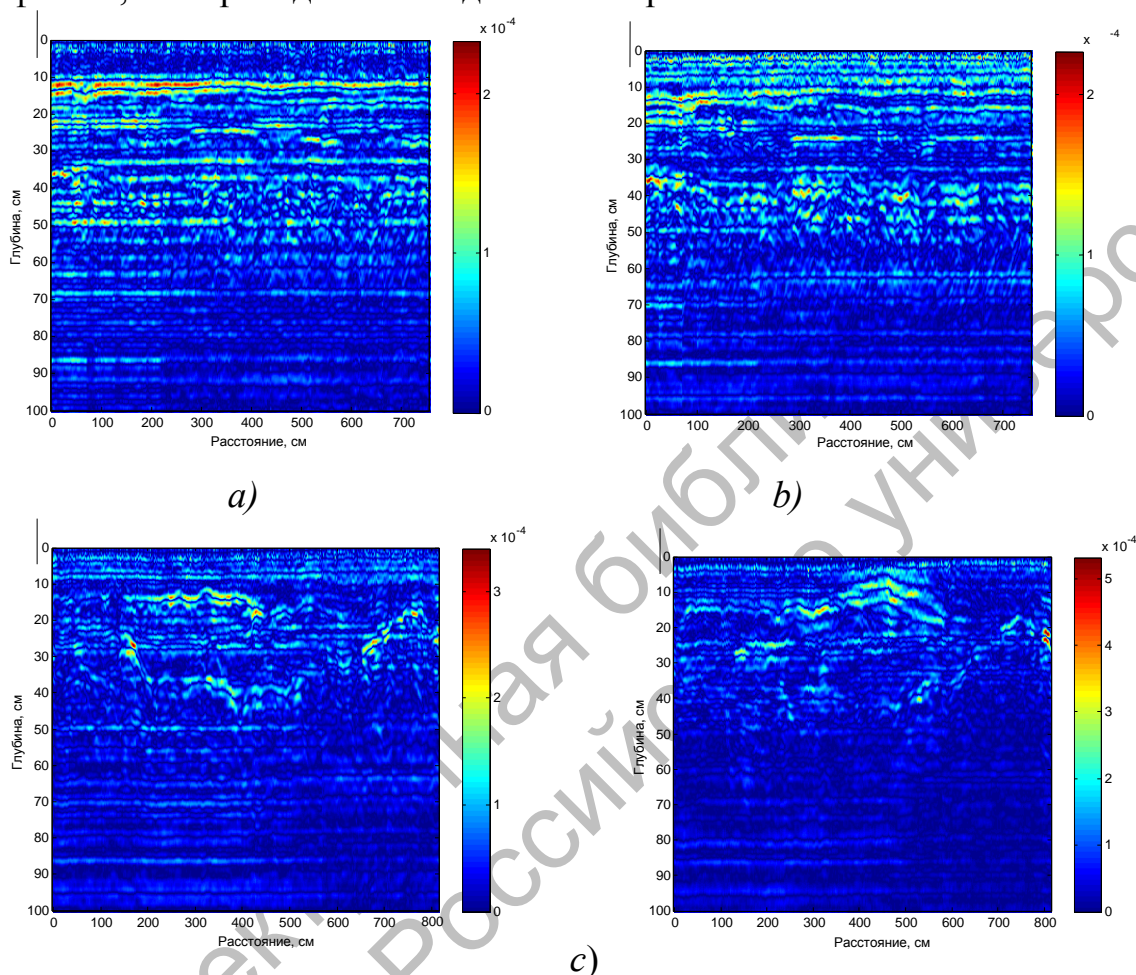


Рис. 1. Профиль дорожного полотна проезжей части (*a*, *b*) и съезда (*c*)

Таким образом, в ходе исследований было установлено несоответствие структуры дорожного покрытия существующим стандартам проведения дорожно-ремонтных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Михнев, В. А.** Микроволновой подповерхностный радар для обнаружения и визуализации объектов в почве / В. А. Михнев, В. А. Бадеев // Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций: тр междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2-3 октября 2008 г. – С. 227–228.