

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОРАДАРНОАКУСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ИЗМЕРЕНИЮ СКОРОСТИ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В СЛОЯХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Предложен метод повышения точности разработанного авторами георадарноакустического комплекса, что достигается применением лабораторной калибровки аппаратного комплекса на образцовом модуле автомобильной дороги с известной скоростью распространения акустических волн.

При проведении диагностических работ по определению качества существующих автомобильных дорог георадиолокационное зондирование показало себя как простой и эффективный метод получения достоверной информации. Развитием георадарного метода является предложенное авторами решение, основанное на сочетании акустического метода контроля с георадарным [1,2]. При радиолокационном зондировании по времени прихода отраженных георадарных импульсов возможно определение толщины слоев дорожных одежд, а при акустическом зондировании по скорости распространения акустических волн возможно определение прочностных свойств используемых материалов дорожных одежд. Объединение этих двух методов позволяет получить прочностные параметры отдельно по всем слоям дорожных одежд, что и предложено авторами настоящей работы [3,4].

С целью повышения точности, корректировки и калибровки георадарноакустического комплекса по измерению скорости распространения акустических волн в слоях дорожной одежды, в лабораторных условиях собирается блок-схема установки в соответствии с рисунком 1. Кроме макета аппаратного комплекса, установка содержит возбудитель акустических импульсов, акустически связанный с модулем автомобильной дороги. Модуль автомобильной дороги, состоит из трех слоев, где второй слой является калибровочным, с точно определенной скоростью распространения акустических волн в этом слое. Кроме того, слои жестко связываются как между собой, так и с возбудителем акустических колебаний.

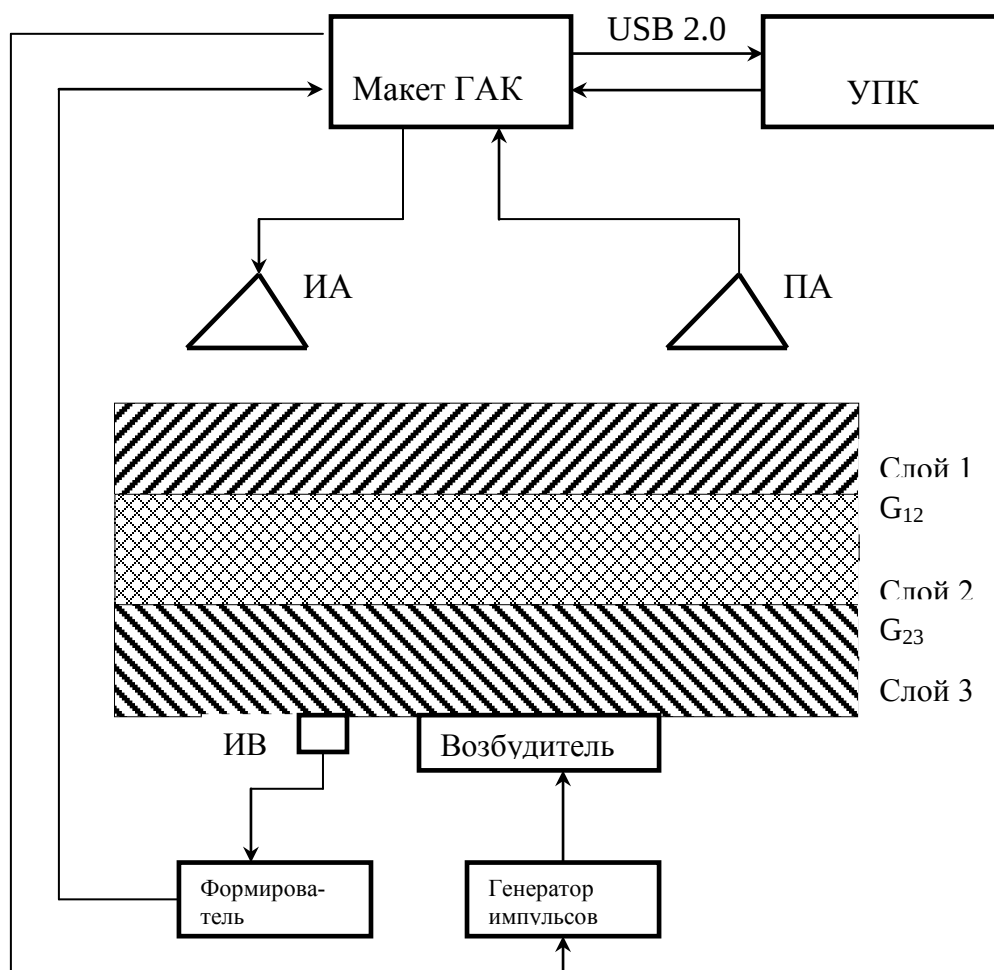
Включается в работу макет аппаратного комплекса вместе с персональным компьютером (ПК), генератором импульсов, возбудителем и формирователем. На экран ПК выводится радарограмма, отображающая все три слоя дорожной одежды. После определения выделенных точек в моменты времени t_1 и t_2 , соответствующим границам слоев G_{12} и G_{23} , макет георадарноакустического комплекса переводится в режим анализа изменений амплитуды отраженной радиоволны в каждой выделенной точке. Анализ изменений во времени или временное детектирование полученного сигнала в точке наблюдения позволяет определить время прихода T_p акустической волны к контролируемой границе слоя. На основании такого детектирования время распространения акустической волны к границе G_{23} можно представить в виде:

$$T_{p23} = \frac{l_3}{v_3} + T_{p0}, \quad (1)$$

где T_{p0} - постоянная задержка, вызванная запаздыванием сигнала в возбудителе, генераторе импульсов, соединительных кабелях и переходных слоях.

Аналогично время распространения акустической волны к границе G_{12} представляется в виде:

$$T_{p13} = T_{p23} + \frac{l_2}{v_2} = \frac{l_3}{v_3} + \frac{l_2}{v_2} + T_{p0}. \quad (2)$$



ГАК – георадарноакустический комплекс;
 УПК – управляющий персональный компьютер;
 ИА – излучающая антенна;
 ПА – приемная антенна;
 ИВ – измеритель вибрации

Рисунок 1 – Блок-схема установки для настройки и калибровки макета аппаратного комплекса по измерению скорости распространения акустических волн

Из разности уравнений (1) и (2) определяем скорость распространения акустических волн во втором слое:

$$v_2 = \frac{l_2}{T_{p12} - T_{p23}} = \frac{l_2}{\Delta T_2} \quad (3)$$

Если измеренное в соответствии с выражением (3) значение скорости распространения акустических волн совпадает с калибровочным заранее точно определенным значением скорости распространения акустических волн в этом слое, то следует считать заданную точность измерений достигнутой и проведение предварительных испытаний георадарноакустического комплекса успешно завершённым. В противном случае следует перейти к анализу погрешностей аппаратного комплекса, как в самой измерительной схеме, так и в программном обеспечении комплекса.

После устранения выявленных недостатков в обязательном порядке проводятся повторные испытания. Только после достижения равенства измеренной скорости распространения акустических волн по уравнению (3) в исследуемом слое дорожной одежды с калибровочным значением скорости распространения акустических волн в

этом же слое можно считать предварительные испытания ГАК успешно выполненными.

Акустический сигнал, полученный методом детектирования отраженной радиолокационной волны от границы между вторым и третьим слоем дорожной одежды, имеет колоколообразную форму с синусоидальным заполнением. По фиксированному положению перехода акустической волны от отрицательного фронта к положительному регистрируется время прихода T_{p23} в соответствии с уравнением (1). Такую же форму имеет акустический сигнал для границы между первым и вторым слоем и также по фиксированному положению перехода акустической волны от отрицательного фронта к положительному регистрируется время прихода T_{p12} . По разности этих времен в соответствии с уравнением (2) определяется время распространения акустической волны во втором слое. В соответствии с полученным значением и с учетом толщины слоя по формуле (3) вычисляется скорость распространения звука в этом слое и, как результат, оценивается модуль упругости и прочность материала.

Список литературы

1. Георадарноакустический метод экспресс-контроля качества автомобильных дорог / Занкович В.В., Романов А.Ф., Ходасевич А.И., Чернобай И.А. // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ «Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния», - Минск, 2011. - С.102 – 103.
2. Совершенствование георадарной технологии для определения качества автомобильных дорог / Громыко А.В., Романов А.Ф., Ходасевич А.И., Чернобай И.А., Занкович В.В. // Материалы 4-ой Международной научно-технической конференции «Приборостроение - 2011», - Минск, 2011. - С. 295 – 296.
3. Прецизионный детектор пикосекундных флуктуаций времен распространения электромагнитных волн / Громыко А.В., Романов А.Ф., Ходасевич А.И., Чернобай И.А. // Материалы 5-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение - 2012», - Минск, 2012. - С. 143 – 144.
4. Георадарный метод экспресс-контроля толщины и качества дорожных покрытий / Громыко А.В., Романов А.Ф., Ходасевич А.И., Чернобай И.А. // Материалы 4-й международной научно-технической конференции «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов» 26-27 сентября 2012 года Могилев, 2012. - С. 190 – 192.

A method to improve the accuracy of the georadaracoustics apparatus, which is achieved through laboratory calibration apparatus technique on the exemplary highway module with a known speed of the acoustic waves distribution.

Громыко А.В., с.н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь.

Романов А.Ф., зав. лабораторией НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: ramanau@bsu.by.

Ходасевич А.И., с.н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: Khadali2007@gmail.com.

Чернобай И.А., в.н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: Tchival@mail.ru.