

**УЛЬТРАЗВУКОВОЙ НЕПРЕРЫВНЫЙ
КОНТРОЛЬ ВЛАЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ
И ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

А.А. Волчек¹, Д.А. Костюк², Ю.А. Кузавко³

¹Отдел проблем Полесья НАНБ

Брест, Беларусь

²Брестский государственный технический университет

Брест, Беларусь

³Институт радиотехники и электроники РАН

Москва, РФ

В настоящее время промышленностью осваиваются новые технологии производства строительных и отделочных материалов, в частности, производство «сухого» бетона и европейского стандарта керамической облицовочной плитки. Технологический процесс, который является полностью автоматизированным, устроен так, что необходимо точное (до 0,1%) знание влажности исходной смеси веществ приготавливаемого продукта. В противном случае автоматизированная линия перестает функционировать, даёт сбой, резко возрастает количество брака, более того, существенно увеличиваются энергетические и временные затраты при производстве. Несмотря на то, что указанные изделия приготавливаются из достаточно простых компонентов: песка, глины, цемента, асбеста, стекла и т. д., установить требуемое для реализации данной технологии количество добавляемой воды обычным весовым методом необыкновенно трудно. Это вызвано тем, что исходные компоненты не являются абсолютно сухими, сделать их таковыми на сравнительно длительный срок необычайно трудно вследствие поглощения ими водяных паров, всегда содержащихся в воздухе. Более того, требуются ненужные дополнительные немалые энергетические затраты. С точки зрения энерго- и ресурсосбережения гораздо выгодней контролировать с требуемой точностью влажность исходной для приготавливаемого материала, изделия смеси. При этом необходим непрерывный контроль. Например, при изготовлении облицовочной плитки поступающая в формовочное устройство смесь глины, стекла и песка должна иметь влажность $4,5 \pm 0,2\%$. При занижении значений влажности возникает автоматическая остановка формовочного аппарата, а при завышении — идёт брак.

Широко используемый при измерениях влажности почв и стандартизированный весовой метод в данном случае оказывается непригодным в силу его медленности. Из многочисленных электронных измерений влажности выделим только методы СВЧ и контроля по электропроводности. Степень поглощения СВЧ в тестируемом образце определяется только его проводимостью и, если его составляющие — диэлектрики, то пересчётом легко найти влажность смеси. Близким к данному является и измерение электропроводности раствора между помещаемыми в него точечными электродами. Несмотря на то, что электропроводность проводника высока, тем не менее современные радиоэлектронные средства позволяют приемлемо её измерять. Последний метод находит применение в технологии приготовления «сухого» бетона, т.к. там требования к влажности по сравнению с керамическими плитками на порядок занижены. Отметим, что проводящая влага в смеси обладает сильным разбросом в значениях своей электропроводности в силу неизвестного и изменяющегося от партии к партии состава растворённых в ней солей и щелочей.

Вследствие сказанного здесь предложен принципиально новый метод ультразвуковых фазо-временных измерений влажности, свободный от указанных недостатков. Ранее [1, 2] нами были разработаны основные положения акустики сильно диссипативных сред (АСДС), к которым относятся и рассматриваемые здесь строительные смеси, т.к. поглощение высокочастотных ультразвуковых колебаний в них велико. Оказалось, что отражённый импульсный акустический сигнал от границы твердотельного звукопровода с СДС заметно зависит от параметра диссипативных потерь СДС, т.е. от ее вязкости и теплопроводности, которые определяются влажностью контролируемой смеси, а не присутствием в ней ионов солей и щелочей. Ранее достаточно подробно теоретически и экспериментально было исследовано отражение в рассматриваемых объектах непрерывных и импульсных продольных [1, 2] и поперечных [3] акустических волн. Последние в СДС по сравнению с продольными волнами очень сильно затухают и слабо проникают в нее. Таким образом отраженные сигналы в обоих случаях имеют разные физические механизмы своего формирования и при конкретных измерениях будут взаимно дополнять друг друга. Если продольный сигнал обуславливает объемные изменения среды и пропорционален сумме объемной и сдвиговой вязкости, то поперечный сигнал не вызывает объемных изменений среды и пропорционален только сдвиговой вязкости. Заметим,

что использованные нами акустические импульсы короткой длительности имеют широкий частотный спектр и в силу частотнозависимого отражения спектр принятого сигнала существенно будет отличаться от спектра излученного сигнала, т.е. по отдельным частотным составляющим можно проводить независимые измерения влажности, вводить необходимые поправки для повышения точности. Тем самым имеет место прямая корреляционная зависимость амплитуды, частоты и фазы отражённого сигнала от влажности СДС [4].

С другой стороны, частотно-фазовые измерения по сравнению с амплитудными являются не менее, чем на два порядка точнее [5]. Таким образом, фиксируя отношение амплитуд или при необходимости сдвиг фаз между принятым и отражённым сигналами, и зная предварительно полученные калибровочные зависимости этих параметров от влажности, можно легко определить влажность смеси.

Приборное решение данного метода заключается в следующих составляющих: широкополосный ультразвуковой пьезокерамический преобразователь 5 МГц с твердотельным звукопроводом, генератор излучения, приёмная осциллографическая приставка и персональный компьютер. Стабилизация формы излучённых сигналов задаётся кварцевым элементом. Достижимая точность в измерениях влажности — 0,1%. Отметим, что помимо указанных применений метод может быть использован при измерениях влажности лакопокрасочных веществ, нефтяных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюк Д. А., Кузавко Ю. А. Особенности отражения акустических продольных волн от границы с диссипативной средой // «Вестник Брестского университета», №4, 2000. с. 56–69
2. Костюк Д.А., Кузавко Ю.А. Аномалии граничного отражения ультразвука от диссипативной среды. // Письма в ЖТФ, 2001, том 27, вып. 23 - с. 31–40
3. Костюк Д. А., Кузавко Ю. А. Особенности граничного отражения поперечных волн от диссипативной среды. // «Вестник БГТУ. — Машиностроение, автоматизация, ЭВМ», №4, 2000. с. 48–51
4. Volchak A.A., Kostiuk D.A., Kuzavko Ju.A. Acoustical spectrum measurements of soil humidity. // 17th International Congress on Acoustics. Rome, September 2–7, 2001
5. Крышович В.И. Ультразвуковые частотно-фазовые методы исследования и неразрушающего контроля. Мн.: Наука и техника, 1985, 175 с.