

*Е. В. Пудовкина**

**МОБИЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Сложность и большой объем экспериментальных исследований по определению качества, долговечности и надежности многослойных изделий требуют создания новых эффективных методов и средств контроля. Особое место среди них занимают методы и измерительные системы (ИС) неразрушающего контроля (НК), в частности, методы и

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Н. Ф. Майниковой.

средства теплового анализа, позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) таких материалов, а также конструктивные размеры и дефекты готовых изделий после их изготовления и во время эксплуатации [1, 2].

Цель настоящей работы – создание мобильной ИС НК качества (толщины, различных нарушений сплошности и однородности материала, определение очагов коррозии, трещин, внутренних расслоений и других дефектов) двухслойных конструкций.

В результате проведенного исследования решены следующие задачи: выполнен анализ методов и средств НК ТФС защитных покрытий; выбрана структурная схема мобильной ИС, конструкции измерительных зондов; выбрана измерительная схема метода НК; исследованы методы НК многослойных материалов и изделий.

Научная новизна разработки заключается в применении новых методов, основанных на математических моделях распространения тепла в двухслойных объектах контроля при локальной регуляризации тепловых потоков от действия источника тепла постоянной мощности. Применение новых методов, определение оптимальных режимных и конструктивных условий измерений обеспечивают быстроедействие и повышение точности при применении мобильной ИС для НК качества защитных покрытий [1, 2].

Структурная схема мобильной ИС, предназначенной для неразрушающего контроля качества полимерных покрытий, представлена на рис. 1.

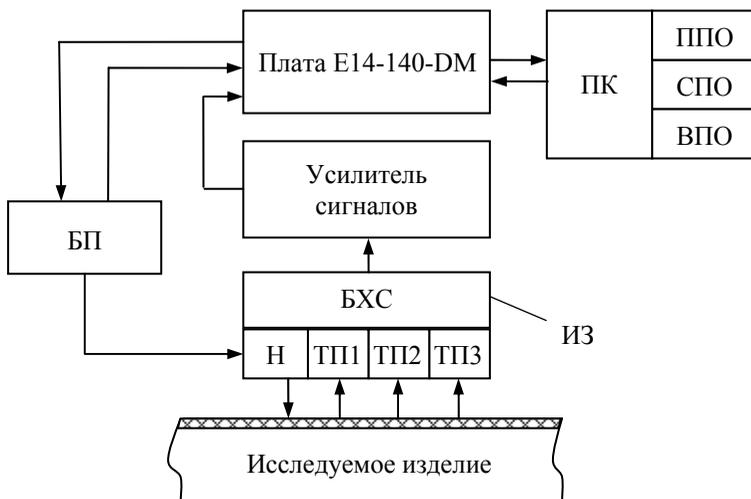


Рис. 1. Структурная схема мобильной ИС

Разработанная мобильная ИС состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы, усилителя сигналов, измерительного зонда (ИЗ), регулируемого блока питания (БП).

ИЗ обеспечивает создание теплового воздействия на исследуемый образец с помощью нагревателя (Н). В качестве термоэлектрических преобразователей (ТП1, ТП2, ТП3) используются дифференциальные термопары, горячие спаи которых установлены в плоскости контакта ИЗ с исследуемым объектом, холодные спаи установлены в блоке холодных спаев (БХС).

При измерениях ИЗ устанавливают контактной стороной на поверхность исследуемого объекта. Сбор информации производится при нагреве и остывании исследуемого тела.

Измерительная схема метода представлена на рис. 2.

Первое тело представляет собой исследуемый образец, состоящий из двух слоев, первый из которых имеет следующие ТФС: теплопроводность λ_1 , теплоемкость c_1 , плотность ρ_1 ; второй – λ_2 , c_2 , ρ_2 (рис. 3). Толщина первого слоя – h_1 , второго – h_2 . Температура соприкасающихся поверхностей первого и второго слоев одинакова. Длина и ширина тела – L_1 и L_2 , соответственно.

Второе тело – подложка ИЗ, выполненная из теплоизолятора, что обеспечивает направленное движение тепловых потоков на наружную поверхность конструкции и препятствует теплообмену в других направлениях. ТФС подложки ИЗ – λ_3 , c_3 , ρ_3 .

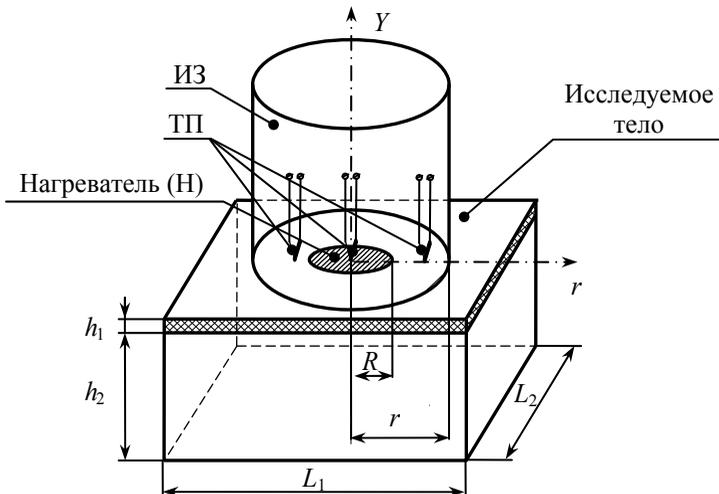


Рис. 2. Измерительная схема метода

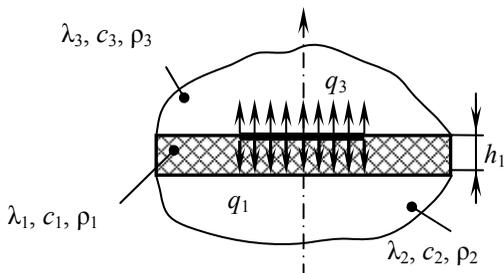


Рис. 3. Тепловая схема метода

Начальная температура первого и второго тел одинакова. В месте соприкосновения поверхностей тел с нагревателем осуществляется идеальный тепловой контакт.

Воздействие на исследуемое тело осуществляется с помощью нагревателя H постоянной мощности q , выполненного в виде диска радиусом R , встроенного в подложку ИЗ.

Математическая модель теплопереноса от источника тепла постоянной мощности для данной двухслойной системы получена в результате решения краевой задачи теплопроводности.

Известные тепловые методы и средства определения толщины и ТФС защитных покрытий не обеспечивают неразрушающего контроля, т.е. требуют изготовления образца.

Мобильная ИС НК многослойных материалов и готовых изделий из них может быть использована для определения комплекса ТФС и толщины полимерных, керамических и других покрытий на объектах различного назначения, например, для изготовления деталей и оборудования предприятий химической, нефтяной, сельскохозяйственной, транспортной, энергетической и других отраслей промышленности. К потребителям таких материалов относятся также приборостроение, радиоэлектроника и др. Разработанная ИС позволяет исследовать покрытия из полимеров и композиционных материалов на их основе при наличии тепловых эффектов, сопровождающих структурные превращения (например, релаксационные, твердофазные).

В комплектацию мобильного варианта ИС неразрушающего экспресс-контроля защитных покрытий (антикоррозионных, фрикционных, теплоизоляционных и т.п.) входит кейс с расположенным в нем ноутбуком, платой сбора данных, блоком питания, несколькими измерительными зондами. ИС предназначена для полевых условий эксплуатации (цех предприятия, действующая теплофикационная котельная, местные тепловые пункты и др.).

Список литературы

1. *Multimodel* method of nondestructive determination of the thermo-physical properties of solid materials / N. P. Zhukov, N. F. Mainikova, I. V. Rogov, E. V. Pudovkina // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2012. – V. 85. – № 1. – P. 203 – 209.

2. *Моделирование* теплопереноса при теплофизических измерениях / Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, Е. В. Пудовкина, А. О. Антонов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – С. 54 – 57.

Работа выполнена при финансовой поддержке Областной администрации по гранту для прикладных исследований молодых ученых 2013 г. (проект №09-25/05 М4-13).

*Кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*