

Вариации температуры или частоты могут быть формализованы как поверхность более высокой размерности (рисунок 3).

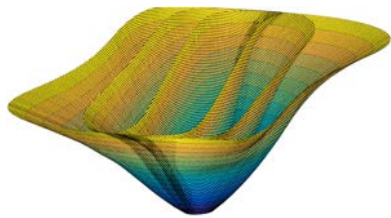


Рисунок 3 – Поверхности удельных магнитных потерь при стационарном перемагничивании электротехнической стали на различных частотах (внешней поверхности соответствует более высокая частота)

Полученная таким образом совокупность экспериментальных данных в неявном виде содержит полную информацию о поведении исследуемой магнитной цепи. Это позволяет решить задачу получения магнитных характеристик в режиме синусоидального потока двумя способами: получить на основе сети сигнал для буфера генератора системы намагничивания (он будет содержать рассчитанные необходимые предсказания); либо с помощью обучения сети в нужном направлении рассчитать стационарный синусоидальный цикл перемагничивания на основе некоторого множества несинусоидальных циклов.

В настоящее время такие работы ведутся в Институте прикладной физики НАН Беларуси.

- ГОСТ 12119.4-98 Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических

УДК 621.317.39:536.53

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОДОШВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рубаник В.В.<sup>1</sup>, Джежора А.А.<sup>2</sup>, Буркин А.Н.<sup>2</sup>, Борозна В.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «ИТА» НАН Беларуси,

<sup>2</sup> Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Республика Беларусь

Структура полиуретановых подошвенных материалов характеризуется сложным иерархическим строением и представляет собой статистический ансамбль микро и макроэлементов, различных по своим физико-химическим и физико-механическим свойствам, размерам и форме расположения их элементов. Задачей является не только создание технологий получения указанных материалов с прогнозируемыми свойствами, но и разработка неразрушающих не инвазивных методов и средств диагностирования структуры материалов, контроль ее на различных стадиях создания изделий из них. Одним из наиболее часто встречаемых дефектов обуви является разрушения полимерных подошв в процессе её носки. Этот дефект связан с нарушением

свойств. Метод измерения удельных магнитных потерь и действующего значения напряженности магнитного поля. Мн., 1999 г.

- Зирка, С.Е., Мороз Ю.И. Моделирование магнитного гистерезиса на основе обобщенных правил Маделунга. Часть 1. Постановка задачи и описание вопроса // Технічна електродинаміка. – 1999. – № 2. – С. 22–27.
- Ерошенко А.С., Скурту И.Т., Брановицкий И.И. «Синусоизация магнитного потока при испытаниях электротехнической стали» // Материалы 8-й международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2015». г. Минск, 25–27 ноября 2015 г. – С. 231–232.
- Брановицкий И.И., Скурту И.Т., Размыслович Г.И. Ерошенко А.С. Эталонная установка и стандартные образцы для измерения магнитных свойств электротехнической стали // Материалы 8-й международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2015». г. Минск, 25–27 ноября 2015 г. – С.184–185.
- Брановицкий, И.И. Автоматическое задание амплитудных значений магнитной индукции при измерении характеристик электротехнических сталей / И.И.Брановицкий, М.Н. Путырский// Энергетика. – 2005. – №1. – С.9–14.
- Ерошенко А.С., Скурту И.Т., Брановицкий И.И. «Алгоритм движения в магнитных координатах при задании режима перемагничивания магнитомягких материалов» // Материалы 8-й международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2015». г. Минск, 25–27 ноября 2015 г. – С. 230–231.
- Колмогоров А. Н. О представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиций непрерывных функций одной переменной и сложения // ДАН СССР. – 1957. – Т. 114, Вып. 5. – С. 953–9.

технологических режимов литья, а также качеством исходного сырья. Проявляется это в виде изломов подошв, выкрошивании её фрагментов, интенсивном износе поверхности и др. Последнее приводит к возврату обуви, а следовательно, и экономическим издержкам предприятия-изготовителя. Диагностировать качество подошв визуально невозможно, а применение инструментальных методов, заложенных в существующих ТНПА, требует немалых затрат времени и расходов материалов на проведение лабораторных испытаний образцов и подошв.

Анализ различных методов и средств неразрушающего контроля показал, что для реализации экспресс-оценки качества подошв может применяться диэлькометрический метод контроля [1].

В основе диэлькометрических методов неразрушающего контроля лежат взаимосвязи диэлектрических характеристик с различными материальными свойствами. Изменения плотности, влагосодержания, структуры, соотношения компонентов материала всегда косвенно влияют на его диэлектрические характеристики.

Диэлькометрический метод был применен, для обнаружения не плотностей и рыхлостей в овечьих шкурах [2], обнаружения взрывчатых и наркотических веществ в подошвах обуви [3], контроле физико-механических свойств листовых нетканых материалов (бумага, кожа, фибролит и другие), обладающих анизотропией [4].

Разнообразие конструктивных и схемотехнических решений, применяемых в диэлькометрическом методе контроля, вызвано многообразием объектов контроля, функционально техническим назначением средств измерения и требованиями, предъявляемыми к метрологическим, эксплуатационно-техническим характеристикам. Непрерывное повышение этих требований: точности, разрешающей способности, воспроизводимости, стабильности обуславливает необходимость дальнейшего совершенствования конструкций емкостных датчиков, схем их подключения и технологий изготовления с учетом успехов в области микроэлектроники, компьютерных технологий.

В ГНУ «ИТА» НАН Беларуси был создан пакет программ, для численных расчетов полей электроемкостных преобразователей, основанный на использовании интегральных уравнений Фредгольма первого рода [5]. Такой подход в теории расчета накладных измерительных конденсаторов позволил улучшить чувствительность датчиков к контролируемым параметрам, поднять силу сигнала (рабочей емкости датчика).

С помощью меандрового накладного измерительного конденсатора в плоскости контролируемых образцов создавалось плоскопараллельное поле. Накладной измерительный конденсатор был выполнен на подложке из тефлона ( $\epsilon = 2,1$ ) толщиной 2мм, его металлизация составила 0,5, ширина электродов 2мм, их толщина 30  $\mu\text{м}$ , погонная длина электродов составила  $l = 140$  мм. К датчику подключался измеритель иммитанса E7-20 с возможностью подключения через интерфейс RS-232C и математической обработки результатов измерений. Это средство измерений имеет широкий диапазон рабочих частот (25 Гц  $\div$  1 МГц), класс точности 0,1 и высокую скорость измерений.

Исследованиям подвергались пластины литьевых композиций на основе пенополиуретанов и др. ингредиентов. Композиции разрабатывались для получения износостойких подошвенных материалов. Плотность образцов вырубленных из пластин вторичного пенополиуретана определяли по ГОСТ 267-73 «Резина. Методы определения плотности» [6]. Линейные размеры образцов

определялись по ГОСТ 17073-71 [7] с помощью металлической измерительной линейки (ГОСТ 427-75) с ценой деления 1 мм и толщиномера типа ТР 10-60 (ГОСТ 11358-7) с точностью 0,01 мм при давлении измерительной площадки на образец 4,9-14,8 кПа. Масса элементарных проб измерялась на весах Nagema тип 34.003 с погрешностью не более 0,01 г. Плотность образцов позволила оценить однородность литья полиуретановых подошв, наличие скрытых раковин.

Все образцы сканировались меандровым накладным измерительным конденсатором в направлении основы материала и поперек. В качестве измеряемого параметра бралась емкость многосекционного накладного измерительного конденсатора (МНИК), так как она является интегральной характеристикой и наиболее полно отражает прочностные и деформационные свойства контролируемых образцов. Было установлено:

- образцы полиуретана обладают слабой дисперсией диэлектрических свойств в частотном диапазоне 1 кГц  $\div$  500 кГц;
- образцам присуща анизотропия диэлектрической проницаемости в плоскости материала;
- воздушные поры вносят в структуру материала беспорядок.

Результаты предварительных исследований физико-механических свойств литьевых композиций на основе пенополиуретанов и др. ингредиентов приведены в таблице 1.

Таблица 1– Основные физико-механические характеристики и емкость МНИК

Образцы	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Емкость МНИК, пф
1	1,171	0,450
2	1,206	0,448
3	1,190	0,462
4	1,202	0,454
5	1,182	0,440
6	1,142	0,433
7	1,266	0,485
8	1,181	0,463

Ее анализ позволяет сделать следующие выводы:

- 1) между емкостью многосекционного накладного измерительного конденсатора и плотностью образцов существует хорошая корреляционная взаимосвязь;
- 2) разброс значений емкостей накладного измерительного конденсатора по топографии пластин говорит о сложности технологических режимов литья;
- 3) одним из перспективных направлений диагностики качества подошв является выборочный контроль выпускаемой (или партии закупленной) продукции путем сравнения с образцом-эталоном посредством накладного измерительного конденсатора.

1. Xiaobei B. Li, Sam D. Larson, Alexei S. Zyuzin, and Alexander V. Mamishev "Design Principles for Multi-channel Fringing Electric Field Sensors," IEEE SENSORS JOURNAL, V. 6. № 2, 2006. pp. 434–440.
2. Yunus M. A. M. et al. Sheep skin property estimation using a low-cost planar sensor //Proceedings of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, I2MTC. – 2009. – С. 482–486.
3. Sears J. Interdigital dielectrometry based detection and identification of dangerous materials for security applications: diss. – Massachusetts Institute of Technology, 2003.
4. Рубаник В. В. Контроль качества нетканых материалов / В.В. Рубаник, А.А. Джежора, А.М. Науменко, Ю.А. Завацкий // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2017. – N 1.
5. Джежора А. А. Модель накладного измерительного конденсатора / А. А. Джежора, В. В. Рубаник // Весці НАН Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2010. – N 3. – С. 99–103 .
6. ГОСТ 17073–71 Кожа искусственная. Метод определения толщины и массы 1 м<sup>2</sup>. – введ. 01.07.72. – Минск: Белстандарт, 1996. – 15с.
7. ГОСТ 267–73. Резина. Методы определения плотности. – Взамен ГОСТ 267-60; введ. 01.01.1975. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1975. – 8 с.

УДК 389:66.012.1-389:621.3.089.68

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ СЛИЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ В ОБЛАСТИ ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Ананьин В.Н., Мирончик А.М., Мохнач М.В., Скакун С.С.

Белорусский государственный институт метрологии  
Минск, Республика Беларусь

Единство измерений в области газового анализа обеспечивает в Республике Беларусь комплекс национальных эталонов:

Национальный эталон единицы молярной доли компонентов в газовых смесях НЭ РБ 13-04;

Национальный эталон единицы молярной доли компонентов природного газа в газовых смесях НЭ РБ 16-08;

Национальный эталон единицы молярной доли атмосферных экологически опасных компонентов НЭ РБ 18-10;

Национальный эталон единиц молярной и массовой концентрации компонентов сжиженных углеводородных газов НЭ РБ 22-13.

Информация о метрологических характеристиках национальных эталонов размещена на официальном сайте БелГИМ [www.belgim.by](http://www.belgim.by).

Размер единицы молярной (массовой) доли компонентов газовой смеси воспроизводится национальными эталонами в виде эталонных газовых смесей (ЭГС), приготовленных в баллонах под давлением статическим гравиметрическим методом согласно [1] с последующей верификацией состава приготовленных ЭГС согласно [2] аналитическими методами.

В соответствии с «Соглашением о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами» (СІРМ МРА) БелГИМ принимает участие в международных сличениях, проводимых региональной метрологической организацией КООМЕТ<sup>1</sup>. Цель сличений – установление эквивалентности

национальных эталонов и предоставление объективного подтверждения калибровочных и измерительных возможностей (calibration and measurement capabilities – СМС) национальных метрологических институтов для размещения в Базе данных ключевых сличений Международного бюро мер и весов (key comparison database – KCDB ВІРМ) .

Метрологические характеристики национальных эталонов Республики Беларусь в области газоаналитических измерений подтверждены результатами следующих международных сличений, зарегистрированных в KCDB ВІРМ:

СООМЕТ.QM-K3 «Автомобильные газы», 2005 г.;

СООМЕТ.QM-K1.a «Оксид углерода в азоте», 2008 г.;

СООМЕТ.QM-K23.b «Природный газ», 2008 г.;

СООМЕТ.QM-S1 «Дополнительные сличения первичных эталонов содержания компонентов в газовых средах: NO в азоте (50 мкмоль/моль)», 2013 г.;

СООМЕТ.QM-K76 «Ключевые сличения первичных эталонов содержания компонентов в газовых средах: SO<sub>2</sub> в азоте (100 мкмоль/моль)», 2013 г.;

СООМЕТ.QM-S5 «Дополнительные сличения национальных эталонов в области анализа газовой смеси CO<sub>2</sub>, CO, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> в азоте (автомобильные газы)», 2014 г.;

СООМЕТ.QM-S3 «Дополнительные сличения эталонных газовых смесей: «загрязнители атмосферного воздуха: CO в азоте, 5 мкмоль/моль», 2016 г.;

<sup>1</sup> Организация Евро-Азиатского сотрудничества государственных метрологических учреждений