

*в обработке результатов и компании «3А – Инжиниринг» за предоставление образцов мембранных элементов.*

1. Шандрыгин А. Н., Нухаев М. Т., Тертычный В. В. Разработка залежей тяжелой нефти и природного битума методом парогравитационного дренажа (SAGD) // Нефтяное хозяйство. – 2006. – №. 7. – С. 92-97.
2. Nasr T. N. et al. Novel Expanding Solvent-SAGD Process" ES-SAGD" //Journal of Canadian Petroleum Technology. – 2003. – Т. 42. – №. 01.
3. Weschenfelder S. E. et al. Evaluation of ceramic membranes for oilfield produced water treatment aiming reinjection in offshore units // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2015. – Т. 131. – С. 51-57.
4. Миронов Е.А. Закачка сточных вод нефтяных месторождений в продуктивные и поглощающие горизонты // М., Недра. -1976. -С. 176

## **КАЛИБРОВКА MEMS ИНЕРЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ, РАЗРАБОТКА УЛУЧШЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ЭТАПА ПАКЕТНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ**

Глотов В.В.<sup>1</sup>, Башкиров А.В.<sup>1</sup>, Скитский Я.В.<sup>1</sup>,  
Привалова А.Э.<sup>1</sup>, Демикова А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Воронежский государственный технический университет  
E-mail: [vadik-livny@mail.ru](mailto:vadik-livny@mail.ru)

## **CALIBRATION OF MEMS INERTIAL SENSORS, DEVELOPMENT OF IMPROVED ARCHITECTURE FOR THE STAGE OF BATCH TESTING**

Glotov V.V.<sup>1</sup>, Bashkirov A.V.<sup>1</sup>, Skitsky J.V.<sup>1</sup>, Privalova A.E.<sup>1</sup>, Demikhova A.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Voronezh State Technical University

This article describes the improved principle of operation of the accelerometer and gyroscope. The innovative architecture of the MEMS tester is presented.

Современные акселерометры и гироскопы являются MEMS-устройствами (Микроэлектромеханические системы (МЭМС)) с несколькими энергетическими датчиками, которые требуют калибровки и испытаний при наладке и запуске в серию как электрических, так и механических параметров. Для калибровки используют калибровочные стимулы (электрические и механические). Обычно эти два стимула генерируются независимыми частями оборудования: при этом используется так называемая таблица скоростей, которая придает движение к проверяемому устройству с помощью электродвигателей, и электрический тестер (обычно включающий в себя центральный процессор или микроконтроллер), который подает электрические сигналы и считывает выходные данные устройства. Центральный процессор выполняет вычисления, необходимые для калибровки и

тестирования, и контролирует перемещения таблицы скоростей. Обычно таблица скоростей и электрический тестер физически разделены и соединены линиями связи.

Предлагается улучшение архитектуры Advanced Testing Solutions (ATS) (автоматизированную тестирующую платформу) для этапа пакетного тестирования MEMS, который можно использовать в сочетании с самотестированием на кристалле или полностью автоматизированные системы тестирования, вместо добавления какого-либо оборудования к самому устройству, которое содержит микроэлектромеханические системы (МЭМС)

Представлена инновационная архитектура MEMS-тестера, подходящая для MEMS-акселерометров и гироскопов, которая перемещает некоторые интеллектуальные данные электрического тестера в саму таблицу скоростей. Данный подход основан на аппаратном блоке, который должен быть включен в таблицу скоростей. Этот модуль способен генерировать электрические стимулы и управлять выходом устройства для автономного управления процессом калибровки и тестирования. MEMS испытательное оборудование значительно выигрывает от этой архитектуры, так как

а) уменьшает количество данных, передаваемых от удаленного электрического тестера, минимизируя требования к проводам, особенно в случае высокого параллелизма тестирования;

б) расчеты тестирования выполняются непосредственно на таблице скоростей, что ускоряет этот процесс на порядки по отношению к его программному аналогу и преодолевает ограничения по частоте из-за длины провода.

Получаемая архитектура тестера, таким образом, превосходит существующие по стоимости оборудования, поскольку она гарантирует более длительный срок службы расходных деталей, таких как провода, и реализация данной системы на FPGA, обеспечивает масштабируемость и простое повторное использование ресурсов тестера для некоторых проблем калибровки и функционального тестирования. Кроме того, предлагаемое оборудование для испытаний позволяет достичь высокой степени параллелизма, которая фактически ограничена физическими размерами датчиков и оборудования.

1. Giulio D'Emilia, Antonella Gaspari, Fabrizio Mazzoleni, Emanuela Natale, Alessandro Schiavi: Calibration of tri-axial MEMS accelerometers in the low-frequency range – Part 1: comparison among methods – Journal of Sensors and Sensor Systems

2. [http://www.maths-in-industry.org/miis/633/1/p5\\_mms.pdf](http://www.maths-in-industry.org/miis/633/1/p5_mms.pdf)

## **ЛОКАЛЬНЫЙ И ОБЪЕМНЫЙ КОНТРОЛЬ ФАЗОВОГО СОСТАВА АУСТЕНИТНЫХ ХРОМО-НИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ**

Кочнев А.В.<sup>1</sup>, Ригмант М.Б.<sup>1,2</sup>, Корх М.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия