

**Наблюдения за изменением погрешности измерительных систем  
«цифровой нивелир+штрих-коддовая рейка»**

**Голыгин Николай Христофорович**, начальник метрологической лаборатории, профессор кафедры проектирования оптических приборов, к.т.н., ФГБУ ВПО «МИИГАиК», г. Москва, Россия, metlab@miigaik.ru.

**Ключников Дмитрий Анатольевич**, магистрант ФГБУ ВПО «МИИГАиК», г. Москва, Россия, metlab@miigaik.ru.

**Сандулов Юрий Арсентьевич**, инженер-метролог, магистр ФГБУ ВПО «МИИГАиК», г. Москва, Россия, metlab@miigaik.ru.

**Степочкин Александр Алексеевич**, старший научный сотрудник НИЧ, ФГБУ ВПО «МИИГАиК», г. Москва, Россия, metlab@miigaik.ru.

**Аннотация.**

Рассмотрены вопросы, связанные с метрологическим обеспечением и исследованиями измерительных систем «цифровой нивелир+штрих-коддовая рейка».

**Ключевые слова:** поверка, калибровка, цифровой нивелир, штрих-коддовая рейка, нивелирование I и II классов.

**Observations of changes in uncertainty of measurement systems  
"digital level+bar-code rake"**

**Golygin Nikolai**, head of the Metrology laboratory, Professor of the Department of design of optical instruments, Ph.D.,

The Federal state budget institution of higher professional education "Moscow", Moscow, Russia, metlab@miigaik.ru.

Klyuchnikov Dmitry, undergraduate

The Federal state budget institution of higher professional education "Moscow", Moscow, Russia, metlab@miigaik.ru.

Sandulov Yuri, engineer-metrologist, mA

The Federal state budget institution of higher professional education "Moscow", Moscow, Russia, metlab@miigaik.ru.

Stepochkin Alexander, senior researcher, Department,

The Federal state budget institution of higher professional education "Moscow", Moscow, Russia, metlab@miigaik.ru.

## **Abstract.**

Considered the questions connected with metrological maintenance of measuring systems «the digital level+bar code rake» and technique of execution of high-precision geometric leveling with their help.

**Keywords:** verification and calibration, digital product, bar code rake, leveling classes I and II.

Развитие современных оптико-электронных приборов, как правило, более подверженных влиянию внешних условий и старению отдельных элементов, требует проведения тщательных их исследований с целью повышения точности измерений.

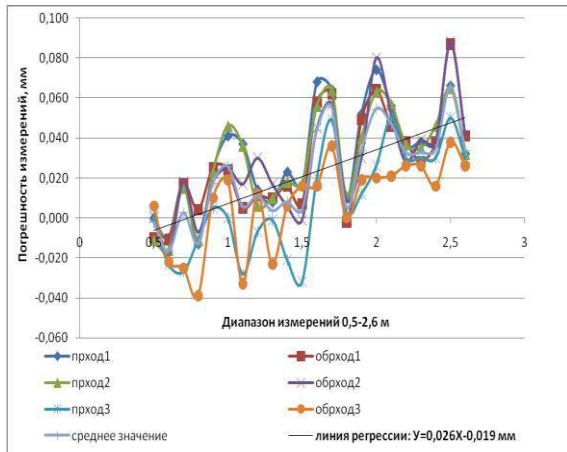
Исследования погрешности измерений измерительными системами (ИС) «цифровой нивелир + штрих-кодовая рейка» при различных температурах приведены в лит. [1]

Настоящая работа посвящена наблюдениям за точностью измерений по экспериментальным исследованиям ИС, представляемых на поверку и калибровку различными производственными организациями в аккредитованную метрологическую службу МИИГАиК ежегодно с 2010 г. по 2014 г.

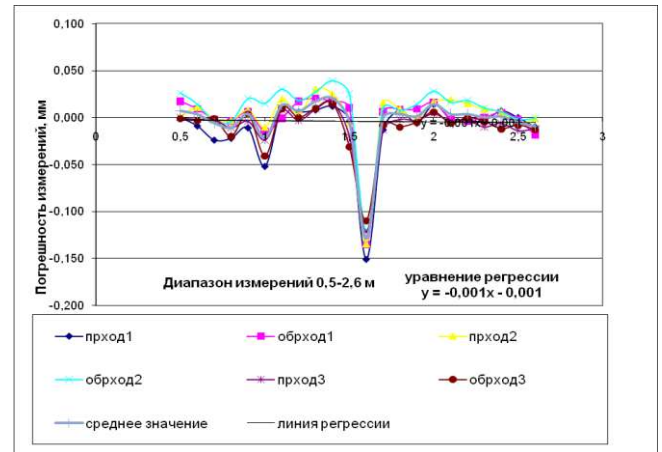
В соответствии с инструкцией по нивелированию I класса цифровыми нивелирами среднее квадратическое отклонение (СКО) отсчета ИС не должно превышать 0,07 мм [2].

Исследование систематической погрешности измерений в диапазоне измерения по рейкам с дискретностью отсчитывания 100 мм (при необходимости учитывается как детерминированная поправка в результаты полевых измерений) выполнялось по методикам, описанным в лит. [3÷5], при установившейся температуре в термоконстантном помещении, равной 20°C. Случайная составляющая погрешности (неопределенность) измерений выявлялась в интервалах, близких к дискретности отсчитывания цифрового нивелира DiNi03. Для экспериментов были выбраны четыре измерительные системы, используемые в течение межповерочных интервалов, как в районах крайнего севера, так и в южных районах.

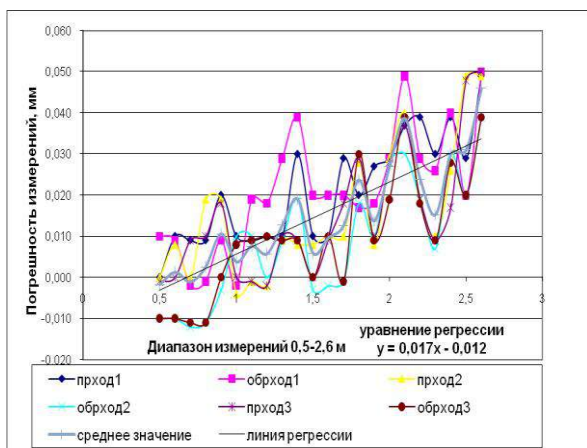
Ниже приведены результаты исследований измерительных систем с цифровыми нивелирами DiNi03 и трехметровыми штрих-кодовыми рейками LD13, ежегодно в течение пяти лет представляемых на поверку и калибровку в метрологическую лабораторию МИИГАиК.



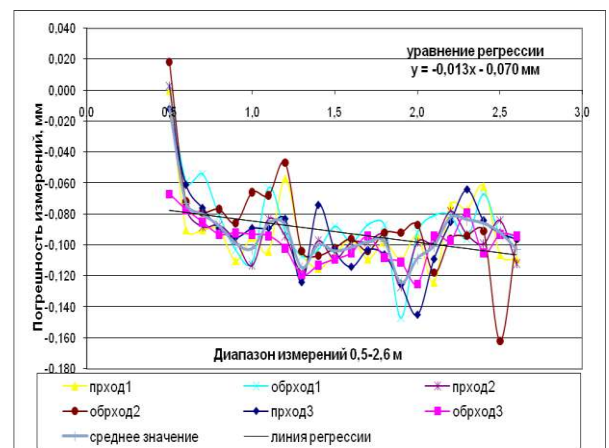
а)



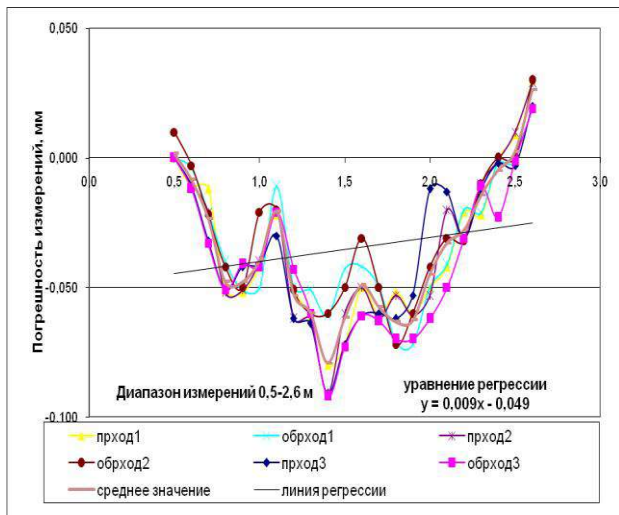
б)



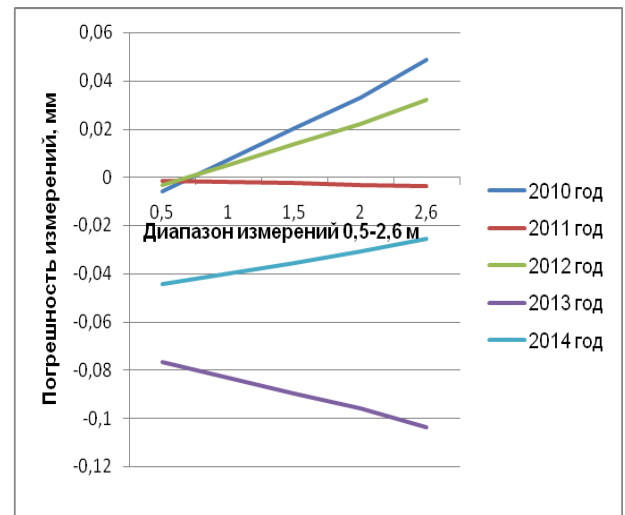
в)



г)

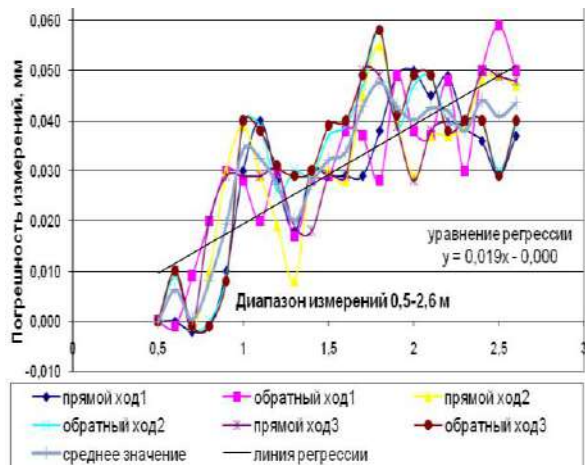


д)

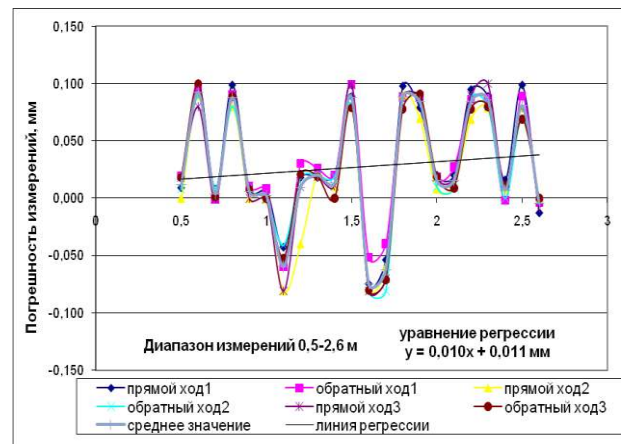


е)

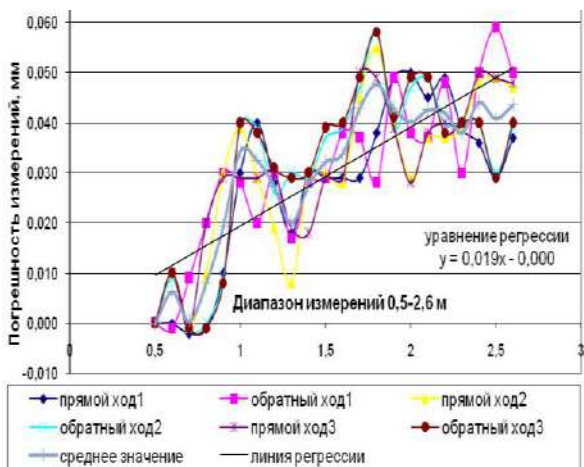
Рис. 1 – Рейка №1: а – 2010 г., б – 2011 г., в – 2012 г., г – 2013 г., д – 2014 г., е – линии регрессии погрешности измерений по годам



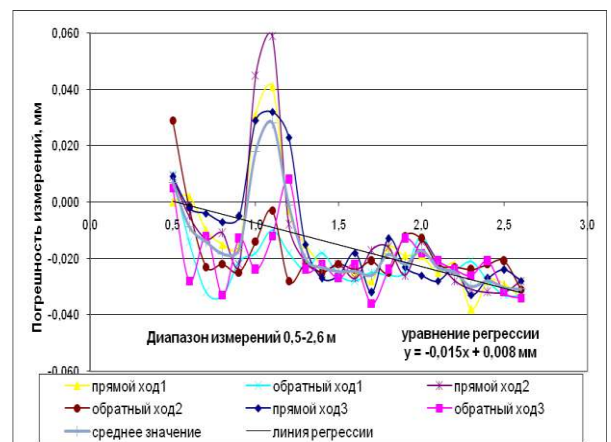
а)



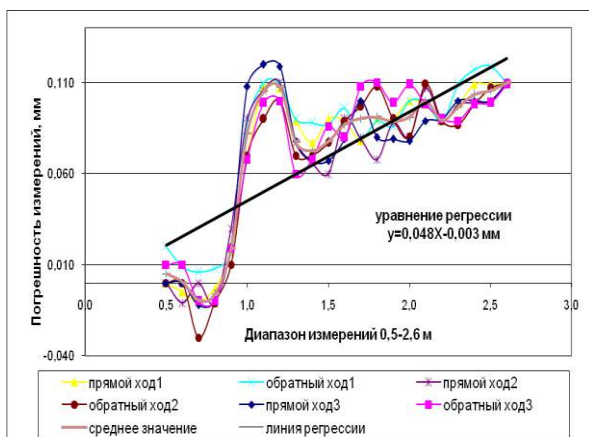
б)



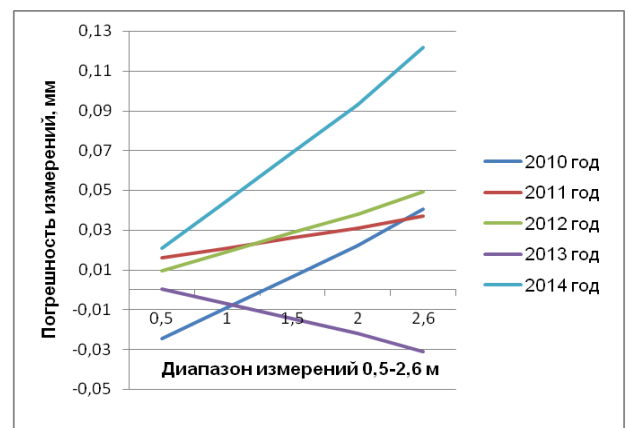
в)



г)

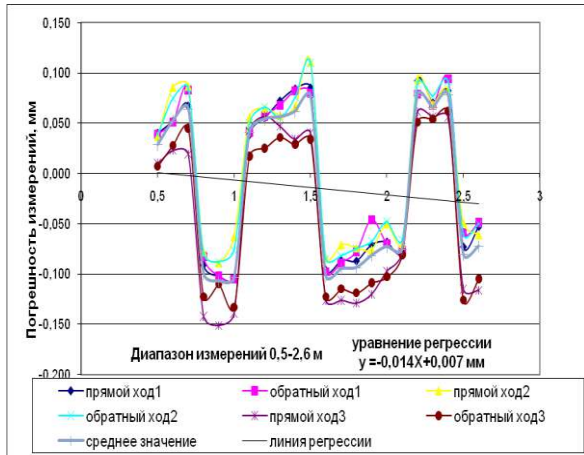


д)

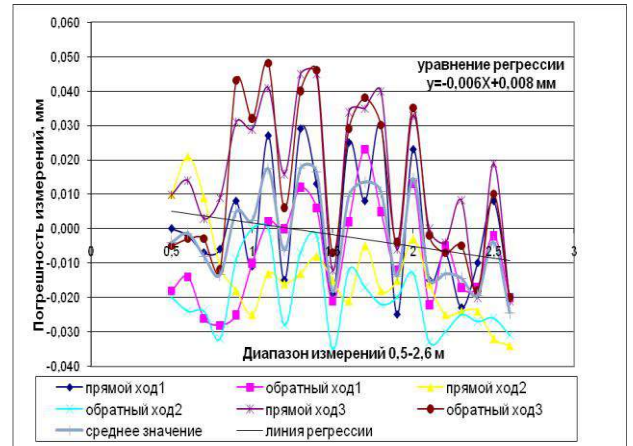


е)

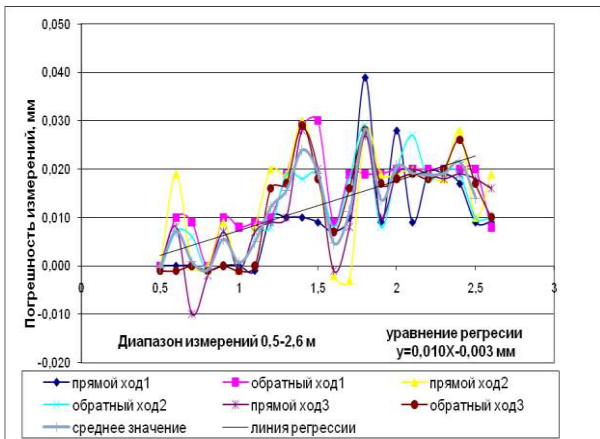
Рис. 2 – Рейка №2: а – 2010 г., б – 2011 г., в – 2012 г., г – 2013 г., д – 2014 г., е – линии регрессии погрешности измерений по годам



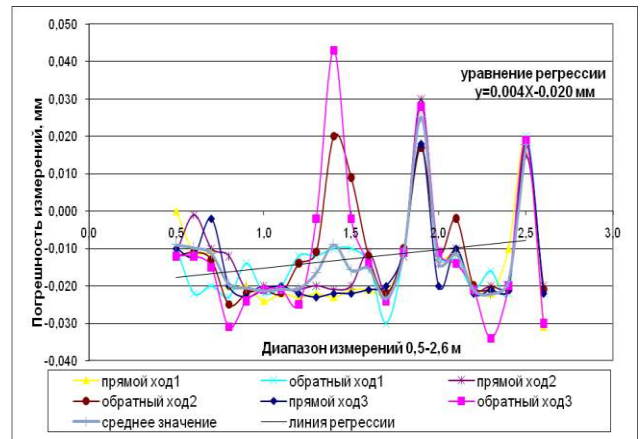
а)



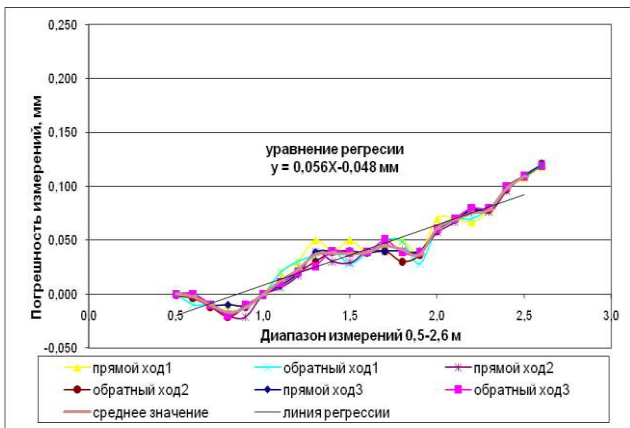
б)



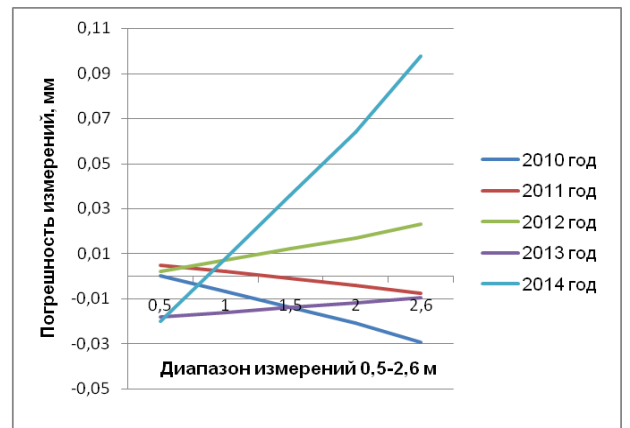
в)



г)

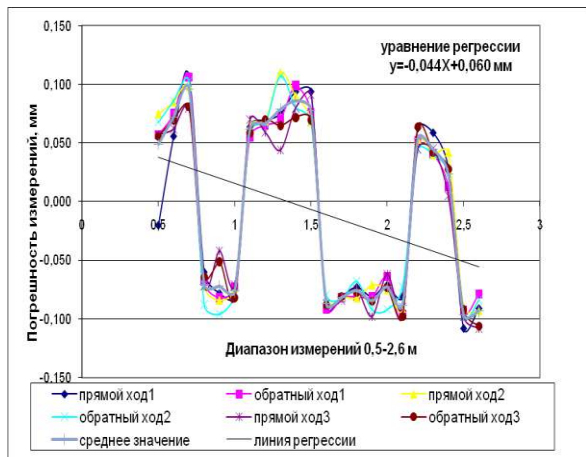


д)

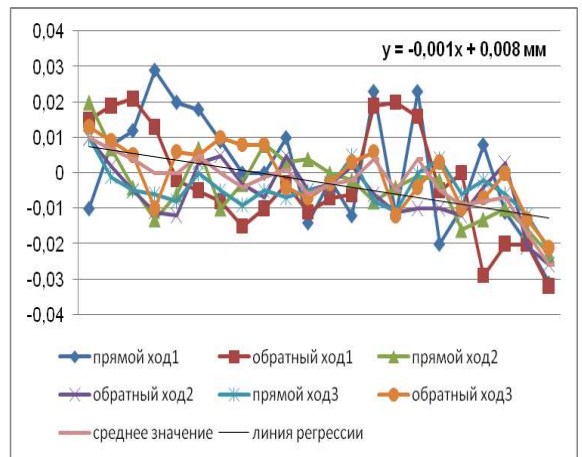


е)

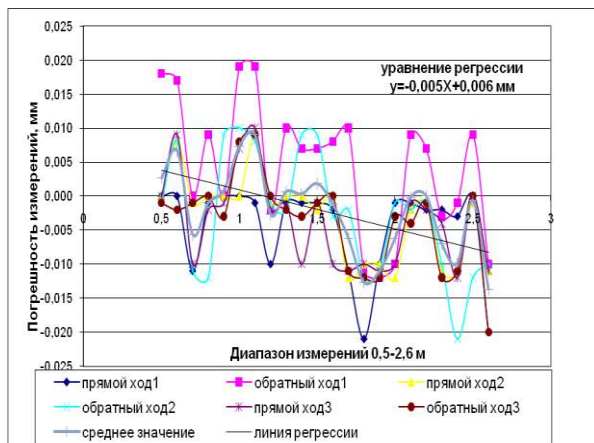
Рис. 3 – Рейка №3: а – 2010 г., б – 2011 г., в – 2012 г., г – 2013 г., д – 2014 г., е – линии регрессии погрешности измерений по годам



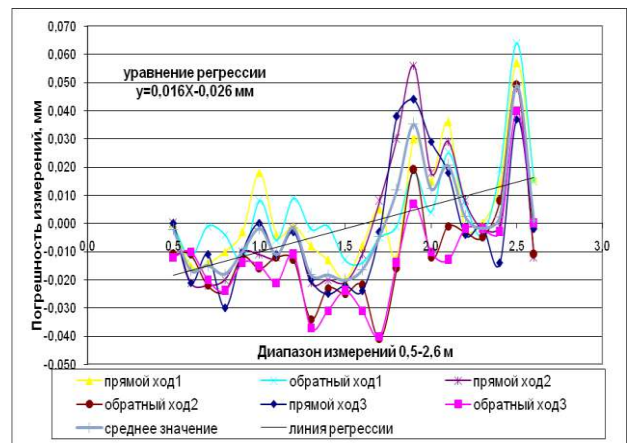
а)



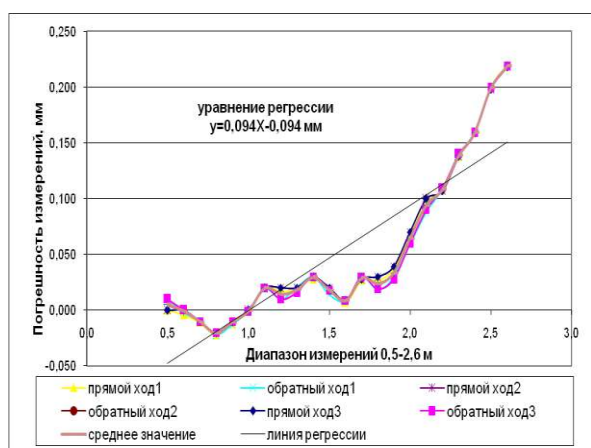
б)



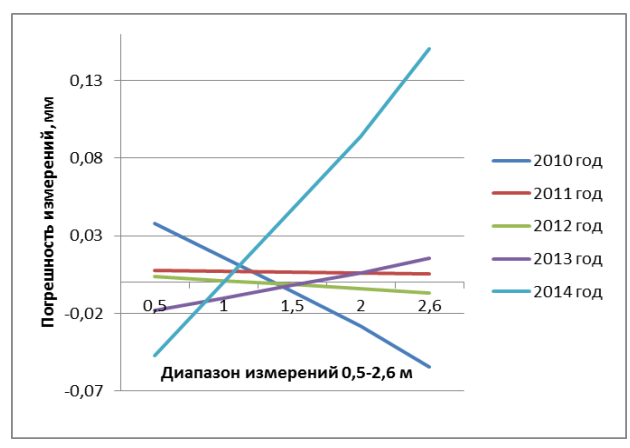
в)



г)



д)



е)

Рис. 4 – Рейка №4: а – 2010 г., б – 2011 г., в – 2012 г., г – 2013 г., д – 2014 г., е – линии регрессии погрешности измерений по годам

Результаты многолетних исследований измерительных систем показывают, что систематическая составляющая погрешности измерений изменялась в пределах 0,3 мм, направление линии регрессии выявляется только при калибровке измерительной системы, случайная составляющая погрешности измерений (неопределенность) не превышает 40 мкм, что соответствует инструкции [2].

Для высокоточного нивелирования и контроля результатов измерений в полевых условиях в МИИГАиК разработана нивелирная рейка с двумя пятками [5]. Результаты исследований измерительной системы с разработанной рейкой (измерения выполнялись в течение двух дней с интервалом измерений 1 час) показали, что при изменении температуры в термостатном помещении в пределах 19,8÷20,4°C случайная погрешность измерений не превышала 50 мкм, при этом систематической составляющей погрешности измерений не выявлено. При измерениях в полевых условиях с тем же интервалом измерений при температурах 5,9÷8,6°C систематическая погрешность измерений составила - 0,1 мм.

#### **Список литературы**

1. Голыгин Н.Х., Федосеев Ю.Е., Черепанов П.А. Перспективы использования измерительных систем «цифровой нивелир+штрих-кодовая рейка» // изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», 2013. - №6. – с. 13-16,
2. Временные методические рекомендации по применению цифрового нивелира DiNi03. – М: ФГУП «ЦКГФ», 2013. – 22 с.
3. Голыгин Н.Х. Стенд для поверки и калибровки цифровых нивелиров и штрих-кодовых реек // патент РФ №2419070. – МПК G01C 5/00,
4. Голыгин Н.Х., Черепанов П.А. Стенд для поверки и калибровки цифровых нивелиров и штрих-кодовых реек // патент РФ №2419766. – МПК G01C 5/00,
5. Голыгин Н.Х., Федосеев Ю.Е., Еременко И.Б. Способ высокоточного геометрического нивелирования // решение о выдаче патента РФ по заявке №2013127789/28 – МПК G01C 7/00.