

## **УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «ЦИФРОВОЙ НИВЕЛИР – КОДОВАЯ РЕЙКА»**

### ***Александр Викторович Куликов***

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, заведующий метрологической лабораторией, тел. (383) 344-4-71, e-mail: metrol@ssga.ru

### ***Виктор Тимофеевич Новоевский***

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, заведующий лабораториями кафедры наносистем и оптотехники, тел. (383) 344-44-71, e-mail: metrol@ssga.ru

### ***Александр Алексеевич Ильин***

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, заведующий лабораторией кафедры высшей геодезии, тел. (383) 344-44-71, e-mail: metrol@ssga.ru

### ***Александр Николаевич Носов***

Сибирский научно-исследовательский институт метрологии, 630004, г. Новосибирск, пр. Димитрова, 4, старший научный сотрудник, тел. (383) 210-14-13, e-mail: lui@sniim.nsk.ru

### ***Константин Витальевич Тукмачёв***

Сибирский научно-исследовательский институт метрологии, 630004, г. Новосибирск, пр. Димитрова, 4, младший научный сотрудник, тел. (383) 210-14-13, e-mail: lui@sniim.nsk.ru

Разработанные установки обеспечивают проведение работ по поверке и калибровке измерительной системы «Цифровой нивелир – кодовая рейка» на современном уровне требований.

**Ключевые слова:** средняя квадратическая погрешность, поверка.

## **CALIBRATORS FOR SYSTEMATIC ERROR DETERMINATION OF THE MEASURING SYSTEM «DIGITAL LEVEL – CODE ROD»**

### ***Alexander V. Kulikov***

Siberian State Academy of Geodesy, 10, Plakhotnogo, st, Novosibirsk, 630108, Head of metrological laboratory, tel. (383) 344 - 44 71, e-mail: metrol@ssga.ru

### ***Victor T. Novoevsky***

Siberian State Academy of Geodesy, 10, Plakhotnogo, st, Novosibirsk, 630108, Head of laboratorys, department of nanosystems and optoengineering, tel. (383) 344-44-71, e-mail: metrol@ssga.ru

### ***Aleksandr A. Ilyin***

Siberian State Academy of Geodesy, 10, Plakhotnogo, st, Novosibirsk, 630108, Head of laboratory, department of higher geodesy, tel. (383) 344 - 44 - 71, e-mail: metrol@ssga.ru

**Alexander N. Nosov**

Siberian research institute of metrology, 4, Dimitrova, st, Novosibirsk, 630004, Senior researcher associate, tel. (383) 210-14-13, e-mail: lui@sniim.nsk.ru

**Konstantin V. Tukmachev**

Siberian research institute of metrology, 4, Dimitrova, st, Novosibirsk, 630004, Junior researcher, tel. (383) 210-14-13, E-mail: lui@sniim.nsk.ru

Developed installation and ensure conduct of work on the verification and calibration of the measuring system «Digital level - graduated code rod» on the current level of requirements.

**Key words:** mean-square value, calibration, standard.

В настоящее время накоплен большой отечественный опыт по использованию измерительной системы «Цифровой нивелир - кодовая рейка», результаты анализа которого должны быть использованы и отражены в нормативных документах с целью повышения достоверности и точности результатов исследований.

Погрешность измерительной системы «Цифровой нивелир - кодовая рейка», далее Система определяется двумя способами:

- С помощью Установки поверки системы (УПС) сравнением показаний Системы с показаниями микрометрического винта или длиной КМД;
- С помощью горизонтального лазерного интерферометра путем сравнения разностей отсчетов, взятых по рейке цифровым нивелиром, с эталонными разностями, полученными по интерферометру.

УПС, разработанная ПО «Инжгеодезия», представлена на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид УПС с нивелирной рейкой (нивелир и КМД не показаны)

На основании 1 установлены четыре стойки 2 с крышкой 3, на двух стойках установлен подвижный узел 5 с салазками 4. На подвижном узле закреплен микровинт 6 для перемещения салазок 4. На салазках закреплен рейкодержатель 7 с винтами 9 для фиксации рейки 8. На основании 1 установлены уровни 11, а лампа 12 для подсветки рейки – на одной из стоек, КМД устанавливаются на основании 1 в упор салазкам 4. На рейкодержателе 7 с винтами 9 закрепляют рейку 8. Против рейки устанавливают нивелир (не показан), приводят его в рабочее состояние.

В поле зрения нивелира наблюдают изображение штрихов рейки. Снимают отсчёт по отсчётному устройству нивелира и одновременно по шкале микрометрической головки 6 перемещают рейку 8 через каждые 5 мм. По разности показаний нивелира и микровинта судят о погрешности системы  $\Delta_c$ . Сравнивают значение этого перемещения с показаниями нивелира - несовпадение есть погрешность Системы.

Горизонтальный интерференционный компаратор для определения погрешности измерительной системы «цифровой нивелир- кодовая рейка» разработанный в СГГА представлен на рисунке 2.

Погрешность измерительной системы зависит от величины масштаба в нивелире (например, в связи с эффектом старения ПЗС-матрицы) и от состояния штрих-кодов, которое может изменяться, если повреждается поверхность реек (например, поцарапанные кодовые элементы). Поэтому определение погрешности измерений системы необходимо выполнять как совместную калибровку нивелира и комплекта реек. Идея такой методики состоит в сравнении разности отсчётов, взятых цифровым нивелиром по двум кодовым рейкам, с эталонной разностью отсчётов, полученных по интерферометру. Нивелир 3 устанавливается на подставке 4 и приводится в рабочее положение. Кодовые рейки 5 и 6 укладываются на ложементе 9 каретки 7 и жёстко соединяются через концевую меру длины (КМД) 8 пятками навстречу друг другу. Передвигая каретку 7, моделируют минимально возможный для взятия нивелиром при помощи зеркала 9 отсчёт по одной из реек.

После приведения системы в рабочее положение обнуляется показание интерферометра и выполняется серия отсчётов нивелиром по одной из реек. Перемещая каретку, производится аналогичная установка высоты для второй рейки. Берутся отсчёты по интерферометру, серия отсчётов по нивелиру и второй рейке, используя функцию программного обеспечения нивелира “перевёрнутая рейка”. Таким образом, перемещая каретку с заданным шагом, фиксируемым лазерным интерферометром, исследуется комплект реек по всей длине штрих-кодовых шкал. Затем выполняется обратный ход.

По полученным данным определяется  $N_i$  - разность отсчётов нивелира по двум рейкам за вычетом номинального значения КМД и  $I_i$  - разности соответствующих показаний интерферометра:

$$N_i = N_{1i} - N_{2i} - КМД,$$

$$I_i = I_{1i} - I_{2i},$$

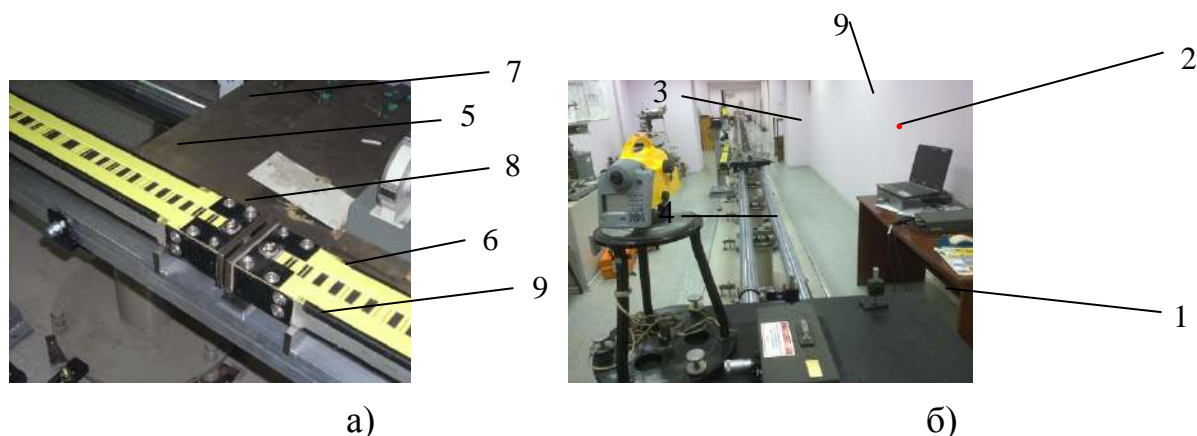
где  $N_{1i}$  и  $N_{2i}$  – отсчёты нивелира по рейкам;  $КМД$  – величина концевой меры длины;  $I_{1i}$  -  $I_{2i}$  – отсчёты по интерферометру.

По расхождениям этих разностей вычисляется СКП измерительной системы «Цифровой нивелир – кодовая рейка».

$$СКП_{пр, обр} = \sqrt{\Sigma \Delta_i^2 / n},$$

где  $\Delta_i = N_i - I_i$ ;  $n$  – число измерений в ходе.

СКП измерительной системы ”нивелир-комплект реек” определяется как среднее из погрешностей  $СКП_{пр, обр}$ .



а) установка двух штрих-кодовых реек скреплённых КМД (5, 6 – кодовые рейки; 7 – каретка; 8 – КМД; 9 – ложемент)

б) общий вид установки (1 – лазерный интерферометр; 2 – уголкового отражатель с мишенью; 3- цифровой нивелир; 4 – подставка; 9 - зеркало)

Рис. 2. Лазерный интерференционный компаратор СГГА

Результат определения СКП измерительной системы ”нивелир-комплект кодовых реек” приведён на примере нивелира Trimble DiNi 03 и двух кодовых реек LD11 NEDO. По результатам измерений получены:  $СКП_{пр} = 0.062567$  мм;  $СКП_{обр} = 0.021572$  мм;  $СКП_{изм. сист.} = 0.042069$  мм.

© А.В. Куликов, В.Т. Новоевский, А.А. Ильин,  
А.Н. Носов, К.В. Тукмачёв, 2012