

Д. В. Бирюков¹✉

Совершенствование методики метрологической поверки системы «цифровой нивелир – штрих-кодová рейка»

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: birykovdmitriy1@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлены результаты применения методики для проведения внеочередной поверки системы «цифровой нивелир – штрих-кодová рейка» в полевых условиях, также было выполнено сравнение с поверкой, выполненной на компараторе. Результаты исследования показали, что методика, представленная в статье, сопоставима по точности поверки с помощью компаратора, и она может использоваться для проведения в полевых условиях.

Ключевые слова: цифровой нивелир, штрих-кодová рейка, метрологическая поверка, интерференционный компаратор, методика поверки

D. V. Birykov¹✉

Improvement of the methodology of metrological verification of the "digital level – barcode rail" system

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: birykovdmitriy1@gmail.com

Annotation. In this article, an overview and analysis of the application of the extraordinary verification of the "digital level – barcode rail" system in the field has been performed, as well as a comparison with the verification performed on a comparator. The results of the study showed that the methods presented in the article are comparable to the accuracy of the comparator and can be used for extraordinary metrological verification.

Keywords: digital level, barcode staff, metrological verification, interferometer, calibration method

Введение

Для выполнения нивелирования всех классов и разрядов необходимо периодически проводить метрологическую поверку нивелиров и реек [1]. Согласно требованиям ГОСТ 8.513-84 [2] все средства измерений, в том числе и геодезические, должны периодически проходить метрологические поверки в следующих случаях:

- после выпуска серийно заводом-изготовителем;
- прошедших ремонт в специализированной лаборатории;
- приборов, выпущенных зарубежными фирмами.

Межповерочные интервалы рассчитываются для каждого вида геодезического прибора с условием пригодности их применения на период между повер-

ками. Применительно к основным видам геодезических приборов межповерочный интервал обычно не превышает один год.

В условиях эксплуатации геодезических приборов особое место занимает внеочередная поверка, которая проводится в основном в следующих случаях:

- после случайного механического удара по корпусу прибора или попадании влаги вовнутрь корпуса;

- при утере свидетельства о прошедшей предыдущей поверке.

Также в целом ряде случаев производится и инспекционная поверка, назначение которой заключается в выявлении пригодности к выполнению соответствующих инженерно-геодезических работ различной точности предназначенными для этого рабочими средствами измерений. Она производится ведомственными органами контроля или службами государственными надзора.

В случае возникновения спорных вопросов в отношении заявленных заводом изготовителем или специализированной фирмой метрологических характеристик рабочих средств измерений, их исправности, а также правомерности применения для выполнения данного вида работ дополнительно производится экспертная поверка.

В данной статье приводится методика и результаты применения внеочередной поверки системы «цифровой нивелир – штрих-кодовая рейка».

Методы и материалы

В настоящее время для поверки цифровых нивелиров и штрих-кодовых реек применяются стационарные горизонтальные и вертикальные интерференционные компараторы [3-8]. Однако, их применение в целом ряде случаев оказывается невозможным из-за их значительной удаленности от мест выполнения нивелирных работ различной точности. Например, такие компараторы имеются в г. Новосибирске в трех организациях, а нивелирные работы выполняются по всей территории Западной Сибири и Дальнего Востока. Данный фактор в значительной степени затрудняет (особенно в организационном отношении) выполнение метрологической поверки цифровых нивелиров и штрих-кодовых реек.

Основными поверками цифровых нивелиров являются поверка главного условия и масштаба изображения штрих-кодовых реек.

В связи с этим в данной статье предлагается методика такой поверки масштаба изображения, которую можно использовать в полевых условиях или на территории производственной организации практически в течение всего года в удаленных местах. Ее применение также не зависит и от метеорологических условий. При этом отпадает необходимость в наличии стационарного компаратора.

Принципиальная схема такой поверки заключается в применении взамен компаратора другого эталонного средства измерений, к которым относятся высокоточные цифровые или оптические нивелиры. При ее реализации происходит сравнение превышений, измеренных эталонными высокоточными нивелирами и поверяемым цифровым нивелиром.

Схема такой поверки приведена на рис. 1.

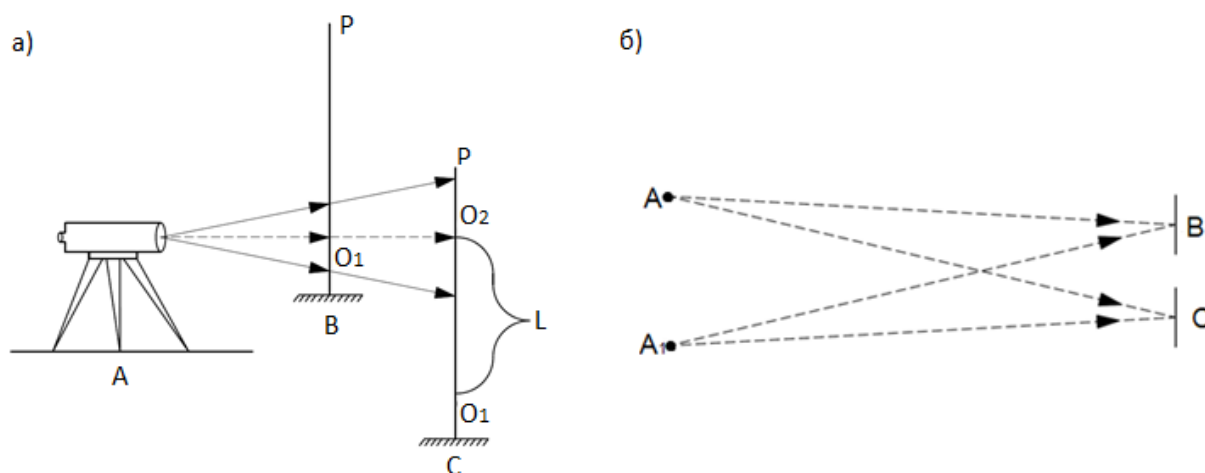


Рис.1. Схема выполнения измерений превышений

Последовательность выполнения поверки следующая. На горизонтальной площадке выбирается нивелирная станция с длиной плеч до реек 8-10 м. После этого в точке *A* (рис. 1, *a*) устанавливается эталонный (цифровой или оптический) нивелир, а в точках *B* и *C* (штрих-кодовые или штриховые инварные) рейки и производится измерение превышения, которое принимается за эталонное.

В результате этого эталонным нивелиром измеряется превышение между точками *B* и *C*. Это превышение является линейным интервалом, величина которого равна

$$h_{BC} = O_{1cp} - O_{2cp} = L, \quad (1)$$

Затем это превышение h_{BC} (линейный интервал L) измеряется поверяемым цифровым нивелиром со своим комплектом штрих-кодовых реек.

С целью повышения точности поверки измерение превышений эталонным и поверяемым нивелирами необходимо выполнить и при другом горизонте (не менее трех). За окончательное значение измеренных превышений (линейных отрезков) принимается среднее L_{cp} и l_{cp} .

Поверку можно выполнять и по другой схеме нивелирования. В этом случае используются два штатива (две станции) и сразу в точках *A* и *A₁* (рис.1, б) устанавливаются, соответственно, эталонный и поверяемый нивелиры с последующим измерением превышений (табл. 1).

Если при механическом ударе поверяемый цифровой нивелир не получил повреждения, то линейные интервалы L и l (превышения) должны будут равны между собой в пределах точности выполненных измерений этих превышений, в нашем случае в это будет в пределах 0,02-0,03 мм.

После измерения превышений (линейных отрезков L и l) производится вычисление масштаба изображения штрих-кодовой рейки по формуле

Таблица 1 – Результаты измерений превышений эталонным и поверяемым нивелирами с рейкой Trimble LD12 №31885

№ п/п	Отсчеты по низу рейки, мм		Отсчеты по верху рейки, мм	
	Эталонный нивелир	Поверяемый нивелир	Эталонный нивелир	Поверяемый нивелир
1	317,92	361,30	1635,45	1678,84
2	317,92	361,34	1635,44	1678,84
3	317,92	361,31	1635,44	1678,84
4	317,92	361,31	1635,44	1678,84
5	317,91	361,29	1635,44	1678,85
6	317,91	361,27	1635,45	1678,84
7	317,91	361,29	1635,44	1678,84
8	317,92	361,27	1635,43	1678,84
9	317,92	361,31	1635,44	1678,84
10	317,91	361,27	1635,45	1678,84
11	317,92	361,29	1635,44	1678,85
12	317,93	361,30	1635,45	1678,85
13	317,91	361,31	1635,45	1678,84
14	317,91	361,29	1635,44	1678,84
15	317,92	361,29	1635,44	1678,84
16	317,91	361,30	1635,44	1678,84
17	317,92	361,30	1635,45	1678,84
18	317,92	361,29	1635,44	1678,85
19	317,91	361,31	1635,44	1678,84
20	317,91	361,30	1635,44	1678,84
Ср.значение	317,916	361,297	1635,442	1678,842
Разность средних отсчетов (превышение) эталонного нивелира, мм				1317,526
Разность средних отсчетов (превышение) поверяемого нивелира, мм				1317,545
Средняя длина метра, мм				1,0000144
Отклонение от ср. длины метра, мм				0,0144
СКО измерений, мм				m=0,014

С целью подтверждения работоспособности предлагаемой методики определение масштаба изображения было выполнено и на стационарном компараторе СГУГиТ с использованием стандартной программы.

При выполнении контрольной поверки за эталонное значение принималась величина перемещения L_1 штрих-кодовой рейки, определяемая с помощью интерферометра, которое сравнивается с измеренной величиной. Эта измеренная величина получается, как разность отсчетов по штрих-кодовой рейке, полученных поверяемым цифровым нивелиром. Величина (шаг) перемещения обычно выбирается равной 90-110 мм. Программа измерений включала в себя взятие от-

счетов по компаратору и цифровому нивелиру в прямом и обратном направлениях.

Результаты поверки на компараторе приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты измерений с использованием компаратора

<i>Результаты измерений с рейкой Trimble LD12 №31885</i>	
Ошибка совмещения начала счета шкалы рейки с плоскостью пятки, мм	0,150
Средняя длина метра (масштаб рейки), м	1,0001301
Отклонение ср. длины метра, мм	0,1301
СКО измерений системы (нивелир-рейка), мм	0,0126
<i>Результаты измерений с рейкой Trimble LD12 №31362</i>	
Ошибка совмещения начала счета шкалы рейки с плоскостью пятки, мм	0,080
Средняя длина метра (масштаб рейки), м	1,0001117
Отклонение ср. длины метра, мм	0,1117
СКО измерений системы (нивелир-рейка), мм	0,0168
<i>Метрологические параметры для комплекта реек получились следующие.</i>	
СКО измерений системы (нивелир-рейка), мм	0,0075
Средняя длина метра комплекта реек, м	1,0001209
Отклонение ср. длины метра комплекта, мм	0,1209
СКО измерений системы (нивелир-комплект реек), мм	0,0147

Разность средних значений длин метра (масштаба изображения) между результатами поверки предлагаемой методикой и с помощью компаратора равна $1,0001209 - 1,0000384 = 0,0000825$ м или 0,0825 мм.

Таким образом, разность значений 0,0825 мм является незначительной и, следовательно, поверяемым нивелиром можно выполнять высокоточное нивелирование.

После этого для определения работоспособности поверяемой системы «цифровой нивелир–штрих-кодовая рейка» производится измерение превышения между точками *C* и *D* (рисунок 2) при расстояниях 10, 20, 35 и 50 м.

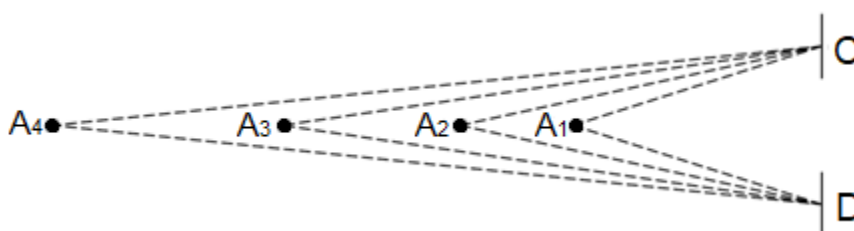


Рис. 2. Проверка работоспособности системы «цифровой нивелир–штрих-кодовая рейка» при разных расстояниях

Данная поверка производится с целью определения качества прохождения изображения штрих-кода рейки через оптическую систему нивелира. Это обусловлено тем, что во время проведения ремонта нивелира возможно загрязнение поверхностей оптических деталей, вследствие чего окажется невозможным уве-

ренное взятие отсчета по рейке при значительных расстояниях. Для этого нивелир поочередно устанавливается в точках A_1 , A_2 , A_3 и A_4 и не менее чем тремя приемами производится измерение превышений. Во время измерения превышений при расстоянии 50,0 и более метров время, необходимое на обработку штрих-кода, должно быть практически равным, как и при коротких расстояниях. При этом также не должно быть сбоев (ошибок) в измерениях.

Обсуждение

Таким образом, из результатов метрологической поверки с помощью эталонного цифрового нивелира средняя длина комплекта реек оказалась равной 1,0000384 м (табл. 1), а с помощью интерферометра СГУГиТ 1,0001209 м (табл. 2). Разность средних значений длин метра между результатами поверки оказалась равной 0,0000825 м или 0,0825 мм. Следовательно, применение в качестве эталонного средства измерений высокоточного цифрового нивелира позволяет с необходимой достоверностью определить работоспособность поверяемого нивелира в полевых условиях.

Исследованиями установлено, что с целью повышения точности определения средней длины метра (масштаба изображения) длину визирного луча необходимо делать не более 5,0-6,0 м. В этом случае СКО определения средней длины комплекта реек порядка не будет превосходить величину порядка $m=0,015-0,025$ мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бронштейн, Г. С. К вопросу стандартизации и метрологического обеспечения в геодезии [Текст] / Г. С. Бронштейн // Геодезия и картография. – 1987. – № 12. – С. 32 – 34.
2. ГОСТ 8.513–84. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения. – Москва : Государственный комитет СССР по стандартам. 1984. – 11 с. – Текст : непосредственный.
3. Куликов А.В., Середович В.А. Опыт создания лазерного интерферационного компаратора СГГА // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2014. Т. 5. № 2. С. 88-93.
4. Методика технологической поверки масштаба изображения по разностям превышений, измеренных эталонным и поверяемым цифровыми нивелирами / Г.А. Уставич, И.А. Мезенцев, Д.В. Бирюков, Д.А. Баранников– Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ, Том 27, №2, 2022. С.59-71
5. Совершенствование технологической схемы поверки цифрового нивелира после его ремонта / Г.А. Уставич, Х.К. Ямбаев, Д.В. Бирюков, М.А. Минаева, Е.В. Ситникова, А.И. Каленицкий – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ, Том 28, №3, 2023. С.47-56
6. Спиридонов, А. И. Основы геодезической метрологии. – Москва : Картгеоцентр – Геодезиздат, 2003. – 247 с. – Текст : непосредственный.
7. Староверов, С.В. Разработка компактных средств геодезической метрологии для оперативной поверки и исследований нивелиров и тахеометров. Дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. М: МИИГАиК, 2018, 108 стр.
8. Уставич, Г. А. Исследование штрих-кодовых реек цифровых нивелиров / Г. А. Уставич, В. Г. Сальников, А. Н. Теплых. – Текст : непосредственный // Вестник СГГА. – 2010. – № 2. – С. 3–8.

© Д. В. Бирюков, 2026