

УДК 528.541:006

DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-3-47-56

Совершенствование схемы технологической поверки цифрового нивелира после его ремонта

Г. А. Уставич^{1*}, Х. К. Ямбаев², Д. В. Бирюков¹, М. А. Минаева¹, Е. В. Ситникова¹, А. И. Каленицкий¹

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), г. Москва, Российская Федерация

*e-mail: ystavich@mail.ru

Аннотация. Для обеспечения нормальной работы системы «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка» необходимо ежегодно выполнять ежегодную периодическую ее поверку по определению масштаба изображения (среднюю длину метра), которая производится на стационарном интерференционном компараторе. Кроме ежегодной периодической поверки часто возникает необходимость ее внеочередного проведения после случайного механического воздействия по корпусу цифрового нивелира, которое может привести к его ремонту. Основной такой поверкой является определение работоспособности электронного канала цифрового нивелира. В настоящее время данные поверки производятся на стационарном интерференционном компараторе. Организационным недостатком данной методики поверки является значительная трудность ее выполнения, так как число интерференционных компараторов крайне мало, и они находятся на значительном удалении от мест выполнения нивелирных работ. Это, в свою очередь, приводит к значительным финансовым затратам на ее проведение. С учетом этого для обеспечения процедуры проведения внеочередной поверки в данной статье предлагается методика, которая позволяет с требуемой точностью выполнить ее на месте производства нивелирных работ без использования интерференционного компаратора. Тем самым исключается значительная организационная и финансовая составляющие в ее проведении.

Ключевые слова: система «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка», периодическая и внеочередная поверки, эталонный и поверяемый высокоточные цифровые нивелиры, ошибка «взгляда» и измерения превышения

Введение

Согласно требованиям нормативного документа [1] нивелирный комплект должен ежегодно подвергаться периодической метрологической и технологической поверке. Основной поверкой нивелирного комплекта является поверка собственно нивелира и его линейной части.

Применительно к высокоточной системе «нивелир с визуальным отсчитыванием + инварные штриховые рейки» такой поверке подвергается цена деления барабанчика оптического микрометра нивелира типа Н-05, а также длина метровых (дециметровых) интервалов реек типа РН-05. Поверка барабанчика микрометра поверяется с применением эталонной шкалы, а комплекта инварных реек – с помощью нормальной линейки. Для точных и технических систем метрологиче-

ская поверка проводится только для пары шашечных реек. Таким образом, указанные поверки производятся с использованием дополнительных эталонных метрических средств измерений отдельно для нивелира и для пары инварных или шашечных реек.

В отличие от системы с визуальным отсчитыванием система «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка» предусматривает одновременную и совместную поверку двух ее составляющих частей: цифрового нивелира и пары штрихкодвых реек [2–6]. Это обусловлено тем, что нанесение на рейку штрихкода производится по программе (перевод метрических интервалов в кодовые и последующего нанесения этих кодированных штрихов на рейку), разработанной каждой фирмой, которая выпускает эти системы. После этого в процессе выполнения нивелирования электронным устройством цифрового ни-

велира производится декодирование нанесенного на рейку штрихкода, т. е. перевод его обратно в метрическую систему с сохранением масштаба изображения (средней длины метра). При этом программа перевода нанесенных кодовых штрихов обратно в метрические интервалы выпускающей фирмой также не разглашается.

В связи с этим поверка электронного устройства цифрового нивелира и линейной части системы «цифровой нивелир + штрихкододовая рейка» производится путем сравнения декодированного изображения рейки с эталонной метрической ее величиной. Указанная поверка производится специализированной организацией в лабораторных условиях с применением дополнительного измерительного эталонного устройства – стационарного интерференционного компаратора.

Необходимо отметить, что число таких стационарных интерференционных компараторов крайне мало. Как уже указывалось в работах [7–9], в настоящее время в Сибири они находятся только в Новосибирске – в Сибирском государственном университете геосистем и технологий, а также в Институте метрологии.

Важным фактором производства нивелирных работ является то обстоятельство, что кроме ежегодной периодической поверки часто приходится делать и дополнительные (внеочередные). Это обусловлено тем, что в процессе выполнения нивелирования имеют место случайные механические удары по корпусу нивелира. Если нивелирование выполняется нивелиром с визуальным отсчитыванием, то поверка работоспособности его отдельных частей производится путем визуального их осмотра и последующего многократного измерения превышения на станции. При этом измерение превышения всегда производится в метрической системе, результаты которой можно легко проконтролировать.

При повреждении цифрового нивелира могут измениться:

- ошибка самоустановки компенсатора и предел его работы;
- величина средней квадратической ошибки (СКО) измерения превышения на станции (СКО «взгляда»);

– масштаб получаемого декодированного изображения штрихкода рейки (длина метра).

Величина ошибки самоустановки компенсатора и предел его работы могут измениться из-за повреждения подвески и попадания мелких частиц песка (пыли) в демпфер. Вследствие этого изменится в сторону увеличения величина СКО измерения превышения на станции.

Также в этом случае измеренное (декодированное) превышение в метрической форме будет отличаться от фактического [9–11] из-за изменения масштаба изображения (средней длины метра) вследствие нарушения взаимного расположения частей нивелира. Поэтому в настоящее время после механических ударов по корпусу высокоточных цифровых нивелиров или других повреждений они, как правило, подвергаются дополнительной поверке на интерференционном компараторе [12–14]. Такая поверка приводит к значительным организационным и финансовым затратам.

Вместе с тем поверка величины ошибки самоустановки и предела работы компенсатора не производится.

Целью проведения исследований является совершенствование методики проведения внеочередной метрологической поверки системы «цифровой нивелир + штрихкододовая рейка» в части определения ее работоспособности после случайного механического удара по корпусу нивелира, которую можно, во-первых, провести без использования интерференционного компаратора и, во-вторых, в организации, непосредственно выполняющей нивелирные работы, особенно высокоточное нивелирование, и даже в полевых условиях. Одним из фактов надежной работы указанной системы является величина ошибки самоустановки компенсатора и предел его работы, а также величина СКО измерения превышения на нивелирной станции, которая должна соответствовать заявленным заводом-изготовителем значениям [15].

Ниже представлена данная методика проведения поверки с получением величины ошибки самоустановки компенсатора и предела его работы, а также СКО измерения превышения на нивелирной станции и масштаба

изображения. По итогам выполненных поверок сделаны выводы и рекомендации.

Исходные данные и методика определения ошибки самоустановки компенсатора, СКО «взгляда» и измерения превышения на станции

Во время выполнения на одном из объектов высокоточного нивелирования цифровым нивелиром Dini 03 произошел сильный механический удар по его корпусу, вследствие чего нарушилась передача изображения штрихкодовой рейки по оптическому и электронному каналам. В связи с тем, что в данном регионе нет специализированной организации, выполняющей ремонт таких нивелиров, а также последующую его поверку (наличие интерференционного компаратора), то данный нивелир был транспортирован в Новосибирск для проведения всего комплекса работ. После проведения ремонтных работ (была восстановлена передача изображения) встал вопрос, во-первых, об определении работоспособности нивелира и, во-вторых, о его метрологической поверке. Так как в организации, выполняющей ремонт цифровых нивелиров, не было стационарного интерференционного компаратора, то определение работоспособности цифрового нивелира и его поверка выполнялись в другой организации (в СГУГиТ), имеющей данное оборудование.

Во втором случае при выполнении работ на промплощадке другим высокоточным цифровым нивелиром после механического удара передача изображения по каналам не нарушалась. Однако возникли определенные сомнения в достоверности получаемых результатов нивелирования. В данном случае также была выполнена его внеочередная поверка на стационарном интерференционном компараторе.

В связи с этим, с учетом широкого применения в геодезическом производстве систем «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка» при нивелировании различной точности возникла необходимость в разработке методики их поверки (определения величины СКО измерения превышения на станции) непосредственно в организации, выполняющей дан-

ный вид работ. Это обусловлено тем, что число случаев, когда происходят механические удары по корпусу цифровых нивелиров, значительно возрастает.

Определение ошибки самоустановки компенсатора производилось в лабораторных условиях при длинах визирного луча 10, 20 и 30 м. Одновременно оценивалось качество демпфирования (время затухания колебания компенсатора). Поверкой установлено, что величина ошибки самоустановки компенсатора не превышает 0,16 мм и качество демпфирования не ухудшилось. Во время выполнения измерений нарушения работы компенсатора (его зависания) не наблюдалось.

Результаты определения предела работы компенсатора показали, что его величина не превышает 15', что соответствует заявленным заводом-изготовителем техническим требованиям

Сущность предлагаемой методики поверки [8, 16] масштаба изображения заключается в измерении поверяемой системой «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка» эталонного превышения, которое, в свою очередь, было измерено (получено) другой аналогичной исправной высокоточной системой или системой «нивелир с визуальным отсчитыванием + инварные штриховые рейки». При этом данной методикой поверяться могут как высокоточные, так и точные и технические системы «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка».

Для получения эталонного превышения необходимо выполнять следующие условия:

- предварительно выбрать исправную систему «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка» или «нивелир с визуальным отсчитыванием + инварные штриховые рейки», которую можно принять за эталонную;
- поверку исследуемого цифрового нивелира целесообразно выполнять в лабораторных условиях или хорошо освещенном помещении;
- с целью уменьшения ошибки визирования и влияния внешних условий расстояние до точек нивелирования не должно быть больше 4,0–5,0 м;
- с целью ослабления нанесения на рейки метрических, а также штрихкодвых штри-

хов, измерение превышения на станции должно производиться не менее чем тремя горизонтами инструмента;

- с целью исключения из результатов измерений пяточной разности измерение превышения производить одной рейкой;

- при выполнении измерений нивелир должен устанавливаться на шероховатое бетонное основание, а рейки удерживаться подпорками;

- если поверка выполняется в полевых условиях, то нивелир необходимо устанавливать на твердый грунт, а рейки – на хорошо закрепленные костыли; при этом измерения начинать выполнять спустя 5,0–7,0 минут после установки нивелира со штативом и закрепления костылей;

- для ослабления влияния наклона рейки измерения эталонным и поверяемым нивелирами выполнять с низкого штатива.

Важным моментом проведения поверки является выбор (установление) эталонной системы «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка» или «нивелир с визуальным отсчитыванием + инварные штриховые рейки». Для этого в зависимости от наличия указанных систем производится определение СКО изме-

рения превышения на станции при длине визирного луча до 4,0–5,0 м. Определение данной величины производится из результатов трех серий (по 20 измерений в каждой серии) измерения превышения. В нашем случае в качестве эталонной системы была использована система «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка». После проведения исследований величина СКО измерения превышения оказалась равной 0,02 мм. Из этого следует, что она может быть применена для оценки работоспособности поверяемой системы «цифровой нивелир+штрихкодвая рейка».

После выполнения указанных условий производится непосредственно исследование (поверка) поверяемой системы, которая включает в себя определение СКО:

- измерения превышения («взгляда») при минимальном расстоянии до реек;

- измерения превышения на станции эталонной и поверяемой системами при разных расстояниях.

Для этого в точках *A* и *B* (рис.1, *a*) на расстоянии 0,6–1,0 м друг от друга устанавливаются эталонный и поверяемый цифровые нивелиры, а в точках *C* и *D* устанавливаются штрихкодвые рейки.

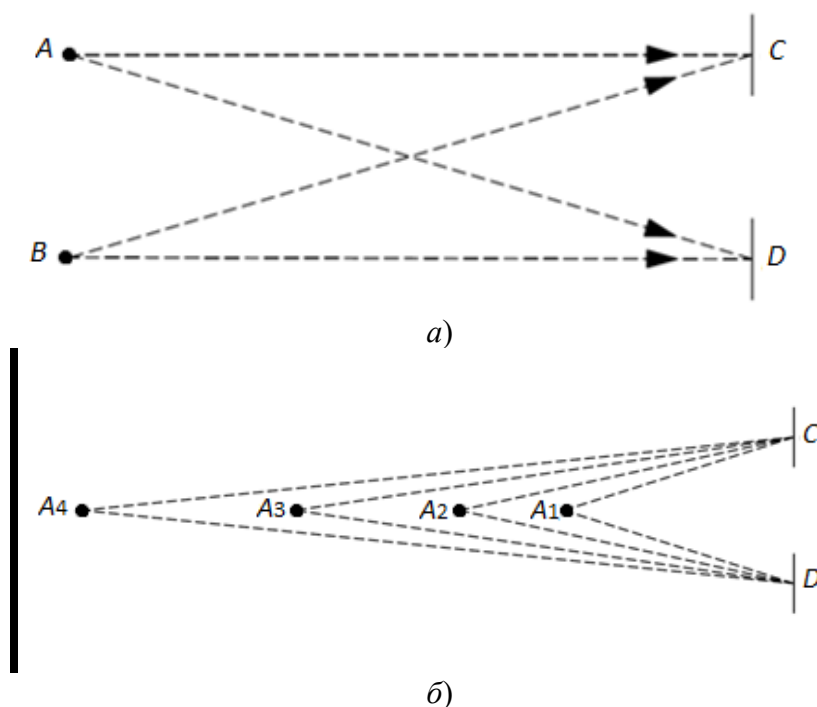


Рис. 1. Схема поверки системы «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка»

a) схема определения величины СКО «взгляда»; *б*) схема определения работоспособности системы при разных расстояниях

Определение СКО «взгляда» поверяемой системы производится визированием на обе рейки и взятием 18–20 отсчетов по каждой из них (табл. 1). После этого вычисляется СКО «взгляда» по формуле Бесселя. Для нашей поверяемой системы она не превышает 0,018 мм.

Измерение превышения h_{CD} эталонным и поверяемым нивелирами также производится

18–20 раз с последующим нахождением среднего их значения. Для этого могут использоваться результаты по определению СКО «взгляда» (см. табл. 1). Затем горизонт поверяемого нивелира дважды изменяется на 200–300 мм и измерения повторяются. При этом величина изменения горизонта поверяемого нивелира произвольная.

Таблица 1

Результаты измерений превышения эталонным и поверяемым нивелирами (одна серия)

Номера отсчетов	Рейка в точке С		Рейка в точке D	
	эталонный нивелир	поверяемый нивелир	эталонный нивелир	поверяемый нивелир
1	1 220,38	1 253,67	1 439,13	1 472,34
2	1 220,40	1 253,66	1 439,15	1 472,34
3	1 220,40	1 253,66	1 439,15	1 472,34
4	1 220,38	1 253,66	1 439,15	1 472,35
5	1 220,41	1 253,66	1 439,16	1 472,36
6	1 220,40	1 253,66	1 439,16	1 472,36
7	1 220,40	1 253,66	1 439,16	1 472,36
8	1 220,40	1 253,67	1 439,16	1 472,35
9	1 220,41	1 253,65	1 439,15	1 472,34
10	1 220,38	1 253,65	1 439,15	1 472,35
11	1 220,41	1 253,64	1 439,15	1 472,35
12	1 220,38	1 253,64	1 439,15	1 472,35
13	1 220,39	1 253,66	1 439,16	1 472,35
14	1 220,41	1 253,65	1 439,15	1 472,34
15	1 220,41	1 253,65	1 439,16	1 472,34
16	1 220,38	1 253,65	1 439,15	1 472,34
17	1 220,41	1 253,65	1 439,15	1 472,34
18	1 220,42	1 253,66	1 439,15	1 472,35
19	1 220,38	1 253,66	1 439,15	1 472,34
20	1 220,41	1 253,65	1 439,16	1 472,35
Среднее значение	1 220,40	1 253,66	1 439,15	1 472,35

В результате этого на станции путем взятия отсчетов на разных участках штрихкодовой рейки будет измерено поверяемым цифровым нивелиром три превышения при минимальном расстоянии.

После этого для определения работоспособности поверяемой системы «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка» производится измерение превышения между точками С и D

при расстояниях 10, 20, 35 и 50 м. Данная поверка производится с целью определения качества прохождения изображения штрихкода рейки через оптическую систему нивелира. Это обусловлено тем, что во время проведения ремонта нивелира возможно загрязнение поверхностей оптических деталей, вследствие чего окажется невозможным уверенное взятие отсчета по рейке при значительных

расстояниях. Для этого нивелир поочередно устанавливается в точках A_1 , A_2 , A_3 и A_4 (рис. 1, б) и не менее чем тремя приемами производится измерение превышений. Во время измерения превышений при расстоянии 50,0 и более метров время, необходимое на обработку штрихкода, должно быть практически равным, как и при коротких расстояниях. При этом также не должно быть сбоев (ошибок) в измерениях.

Результаты

Из табл. 1 следует, что отсчеты, полученные поверяемым нивелиром, не содержат грубых ошибок (выбросов), что свидетельствует о надежной работе электронной части нивелира и компенсатора.

Последующая обработка результатов измерений включает в себя:

- анализ результатов взятия отсчетов по штрихкодовой рейке поверяемым цифровым нивелиром;

- СКО «взгляда», полученные эталонным и поверяемым нивелирами при минимальном расстоянии (4,0–5,0 м);

- СКО измерения превышения на станции эталонным нивелиром при минимальном расстоянии (4,0–5,0 м), вычисленные по формуле Бесселя;

- СКО измерения превышения на станции поверяемым нивелиром при минимальном расстоянии (4,0–5,0 м), вычисленные по формуле Бесселя и Гаусса (для контроля по отклонениям от эталонных значений);

- СКО измерения превышения на станции обоими нивелирами при расстояниях 10, 20, 30 и 40 м, вычисленные по формуле Бесселя.

При анализе результатов взятия отсчетов по штрихкодовой рейке обращается внимание на наличие значительных их отклонений между смежными значениями в серии от среднего значения. В нашем случае отклонение между смежными отсчетами в серии не превышает 0,03 мм, а от среднего не превышает 0,02 мм. Это свидетельствует о стабильной работе декодирующего устройства поверяемого нивелира (отсутствуют грубые выбросы).

Определение СКО «взгляда», полученной эталонным нивелиром, необходимо для подтверждения факта принятия его в качестве такового непосредственно в процессе выполнения измерений. В нашем случае СКО «взгляда» не превышает 0,02 мм и, следовательно, он может быть принят в качестве эталонного нивелира.

Вычисленная затем по формуле Бесселя СКО измерения превышения на станции эталонным нивелиром ($m_h = 0,03$ мм) при минимальном расстоянии визирования (4,0–5,0 м) также подтверждает возможность применения его в качестве эталонного.

Так как поверка выполнялась с использованием эталонного нивелира, то для поверяемого нивелира имеется возможность определить СКО измерения превышения на станции по формулам Бесселя и Гаусса (для контроля по отклонениям от эталонных значений). В первом случае за эталонные превышения принимаются результаты измерений эталонным нивелиром, а во втором – отклонения от среднего. Тогда для нашего случая при минимальном расстоянии (4,0–5,0 м) будем иметь $m_h = 0,02$ мм и $m_h = 0,03$ мм, соответственно, что свидетельствует о работоспособности поверяемого нивелира.

После трехкратного изменения горизонта поверяемого нивелира значения измеренных превышений также не различались между собой более чем на 0,02–0,03 мм.

И, наконец, определение СКО измерения превышения на станции обоими нивелирами при расстояниях 5, 10, 20, 30 и 45 м также необходимо для подтверждения работоспособности поверяемого нивелира при значительных длинах плеч. Так как при значительных длинах плеч на результаты измерений эталонным нивелиром будет оказывать влияние даже незначительная турбулентность воздуха, то их нельзя применять в качестве эталонных. Поэтому вычисления СКО измерений превышений необходимо выполнять по формуле Бесселя.

Результаты определения СКО приведены в табл. 2, из которой следует, что величины СКО для эталонного и поверяемого нивелиров равнозначны (для поверяемого нивелира приведены результаты трех серий).

Таблица 2

СКО измерения превышения (по формуле Бесселя) эталонным и поверяемым нивелирами

СКО измерения превышений, мм	Длина визирного луча, м				
	5,0	10,0	20,0	35,0	50,0
для эталонного нивелира	0,06	0,07	0,12	0,16	0,22
для поверяемого нивелира	0,06	0,08	0,14	0,18	0,20
	0,05	0,10	0,12	0,16	0,21
	0,06	0,07	0,13	0,16	0,23

Таким образом, поверяемый (отремонтированный) нивелир отвечает требованиям, необходимым для выполнения высокоточного нивелирования I и II классов, а также разрядного (1-го и 2-го разрядов) инженерно-геодезического [17] нивелирования и при этом нет необходимости транспортировать его для ремонта в специализированную организацию.

Выводы

В результате выполненных исследований усовершенствована методика проведения внеочередной (технологической) поверки системы «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка», которую можно использовать в организации, выполняющей высокоточное нивелирование. Она позволяет, после случайного механического удара или иного воздействия по корпусу цифрового нивелира, непосредственно на объекте выполнения нивелирования определить его работоспособность в ча-

сти определения СКО «взгляда» и измерения превышения на станции при разных длинах плеч. Данные величины можно определять по формуле Гаусса и Бесселя, что будет способствовать повышению достоверности полученных результатов. После этого полученные результаты измерений сравниваются с регламентированными для данного класса системы «цифровой нивелир + штрихкодвая рейка». Если полученные результаты будут соответствовать техническим требованиям, то в этом случае отпадает необходимость в транспортировке цифрового нивелира в специализированную организацию с целью проведения соответствующей поверки, что исключит значительные организационные и финансовые затраты. Время, необходимое для проведения внеочередной (технологической) поверки, не превышает 4,0–5,0 часов. Произвести данную поверку может сам исполнитель, выполняющий в данной организации высокоточное нивелирование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. ГКИНП (ГНТА) – 03-010-03.2004. – М. : ЦНИИГАиК, 2004. – 226 с.
2. Васильев В. В., Морозов А. И. Исследование штрихкодвой рейки и выработка предложений по созданию штрих-кодвой марки // Геодезия и картография. – 2010. – № 12. – С. 19–24.
3. Визиров Ю. В., Ковалёв С. В., Спиридонов А. И. Особенности метрологического и сервисного обслуживания цифровых нивелиров // Геодезия и картография. – 2002. – № 3. – С. 17–19.
4. Голыгин Н. Х. и др. Поверка и калибровка цифровых нивелиров и штрих-кодвых реек // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 2. – С. 93–97.
5. Голыгин Н. Х., Шаимкулов Д. А. Исследование внутришаговой короткопериодической погрешности цифрового нивелира DiNi 10 // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2003. – № 5. – С. 106–116.
6. Голыгин Н. Х., Федосеев Ю. Е., Черепанов П. А. Перспективы использования измерительных систем «цифровой нивелир+штрих-кодвая рейка» // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 6. – С. 13–16.
7. Голыгин Н. Х., Травкин С. В. Стенд для аттестации вертикальных угловых измерительных систем геодезических приборов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2006. – № 2. – С. 128–131.

8. Уставич Г. А., Рябова Н. М., Сальников В. Г., Теплых А. Н. Исследование штрих-кодовых реек цифровых нивелиров // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 3–8.
9. Травкин С. В. Метод определения погрешностей измерения превышения высокоточными нивелирами с использованием концевых мер // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2006. – № 3. – С. 97–100.
10. Уставич Г. А., Ямбаев Х. К. Методика проведения внеочередной поверки системы «цифровой нивелир+штрих-кодовая рейка» // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 6. – С. 8–13.
11. Уставич Г. А., Сальников В. Г., Рябова Н. М. Схема полевого высотного стенда для поверки системы «цифровой нивелир – штрих-кодовые рейки» // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 51–55.
12. Крылов В. Д., Спиридонов А. И. Роль компараторов в обеспечении единства измерений // Геодезия и картография. – 2003. – № 10. – С. 46–50.
13. Спиридонов А. И. Основы геодезической метрологии. – М. : Геодезиздат, 2003. – 247 с.
14. Черепанов П. А. Поверка и калибровка измерительных систем «цифровой нивелир + две штрих-кодовые рейки» // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 3. – С. 119–122.
15. Шалыгина, Е. Л. Цифровое нивелирование – основные источники ошибок // Геодезия и картография. – 2005. – № 5. – С. 15–17.
16. Уставич Г. А., Рябова Н. М., Сальников В. Г., Рахымбердина М. Е. Исследование цифровых нивелиров и реек // Геодезия и картография. – 2011. – № 4. – С. 9–15.
17. Уставич Г. А., Демин С. В., Шалыгина Е. Л., Пошивайло Я. Г. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования // Геодезия и картография. – 2005. – № 5. – С. 12–14.

Об авторах

Георгий Афанасьевич Уставич – доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Харьес Каюмович Ямбаев – доктор технических наук, профессор кафедры геодезии.

Дмитрий Витальевич Бирюков – аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Мария Александровна Минаева – преподаватель.

Екатерина Васильевна Ситникова – аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Анатолий Иванович Каленицкий – доктор технических наук, профессор-консультант, старший научный сотрудник.

Получено 27.03.2023

© Г. А. Уставич, Х. К. Ямбаев, Д. В. Бирюков,
М. А. Минаева, Е. В. Ситникова, А. И. Каленицкий, 2023

Improvement of the scheme of technological verification of the digital level after its repair

G. A. Ustavich¹, K. K. Yambayev², D. V. Birukov¹, M. A. Minaeva¹, E. V. Sitnikova¹, A. I. Kalenitsky¹

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

* e-mail: ystavich@mail.ru.

Abstract. To ensure the normal operation of the "digital level-barcode rail" system, it is necessary to annually perform its periodic verification to determine the image scale (average meter length), which is performed on a stationary interference comparator. In addition to the annual periodic verification, there is often a need for its exceptional conduct after accidental mechanical impact on the body of the digital level, which can lead to its repair. The main task in this case is to determine the working efficiency of the electronic channel of the digital level. Currently, these verifications are performed on a stationary interference comparator. The organizational disadvantage of this verification technique is a significant difficulty in its implementation, since the number of interference comparators is extremely small, and they are located at a considerable distance

from the sites of leveling work. This, in turn, leads to significant financial costs for its implementation. With this in mind, in order to ensure the procedure for conducting an exceptional verification, this article proposes a technique that allows it to be performed with the required accuracy at the site of leveling operations without using an interference comparator. This eliminates significant organizational and financial components in its implementation.

Keywords: the system "digital level-barcode rail", periodic and exceptional verification, reference and verifiable high-precision digital levels, the error of "sight" and measurement of excess

REFERENCES

1. Geodetic, Cartographic Instructions, Norms and Regulationsю (2004). Instructions for leveling classes I, II, III and IV. GKINP (GNTA) – 03-010-03.2004. Moscow: CRLGAPC Publ., 226 p. [in Russian].
2. Vasiliev, V. V., & Morozov, A. I. (2010). Research of the barcode rail and development of proposals for the creation of a barcode stamp. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 12, 19–24 [in Russian].
3. Vizirov, Yu. V., Kovalev, S. V., & Spiridonov, A. I. (2002). Features of metrological and service maintenance of digital levels. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 3, 17–19 [in Russian].
4. Golygin, N. H., & et al. (2009). Verification and calibration of digital levels and barcode rails. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 2, 93–97 [in Russian].
5. Golygin, N. H., & Shaimkulov, D. A. (2003). Investigation of the intrastep short-period error of the digital level DiNi 10. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 5, 106–116 [in Russian].
6. Golygin, N. H., Fedoseev, Yu. E., & Cherepanov, P. A. (2013). Prospects of using measuring systems "digital level + barcode rail". *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 6, 13–16 [in Russian].
7. Golygin, N. H., & Travkin, S. V. Stand for certification of vertical angular measuring systems of geodetic instruments. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 2, 128–131 [in Russian].
8. Ustavich, G. A., Ryabova, N. M., Salnikov, V. G., & Teplykh, A. N. (2010). The study of barcode rails of digital levels. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(13), 3–8 [in Russian].
9. Travkin, S. V. (2006). Method for determining measurement errors of excess by high-precision levelers using end measures. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 3, 97–100 [in Russian].
10. Ustavich, G. A., & Yambaev, H. K. (2013). Methodology for conducting extraordinary verification of the system "digital level + barcode rail". *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 6, 8–13 [in Russian].
11. Ustavich, G. A., Salnikov, V. G., & Ryabova, N. M. (2014). Scheme of a field high-rise stand for verification of the system "digital leveling–barcode rails". *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 4/S, 51–55 [in Russian].
12. Krylov, V. D., & Spiridonov, A. I. (2003). The role of comparators in ensuring the uniformity of measurements. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 10, 46–50 [in Russian].
13. Spiridonov, A. I. (2003). *Osnovy geodezicheskoi metrologii [Fundamentals of geodetic metrology]*. Moscow: Geodesizdat Publ., 247 p. [in Russian].
14. Cherepanov, P. A. (2012). Verification and calibration of measuring systems "digital level + two barcode rails". *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 3, 119–122 [in Russian].
15. Shalygina, E. L. (2005). Digital leveling – the main sources of errors. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 5, 15–17 [in Russian].
16. Usavich, G. A., Ryabova, N. M., Salnikov, V. G., & Rakhymberdina, M. E. (2011). The study of digital levels and rails. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 4, 9–15 [in Russian].
17. Ustavich, G. A., Demin, S. V., Shalygina, E. L., & Poshivailo, Ya. G. (2005). Development and improvement of engineering and geodetic leveling technology. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 5, 12–14 [in Russian].

Author details

Georgij A. Ustavich – D. Sc., Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying.

Kharyes K. Yambayev – D. Sc., Professor, Department of Geodesy.

Dmitriy V. Birukov – Ph. D. Student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, Surveying.

Maria A. Minaeva – Teacher.

Ekaterina V. Sitnikova – Ph. D. Student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying.

Anatoly I. Kalenitsky – D. Sc., Consulting Professor, Senior Researcher.

Received 27.03.2023

© *G. A. Ustavich, K. K. Yambayev, D. V. Birukov,
M. A. Minaeva, E. V. Sitnikova, A. I. Kalenitsky, 2023*