

ОБ ОШИБКЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЯ НА СТАНЦИИ ЦИФРОВЫМ НИВЕЛИРОМ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Антон Викторович Никонов

АО «Сибтехэнерго», 630032, Россия, г. Новосибирск, ул. Планировочная, 18/1, ведущий инженер цеха зданий и сооружений, e-mail: sibte@bk.ru

Надежда Михайловна Рябова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

Екатерина Леонидовна Соболева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

В статье приведены результаты полевых исследований, в ходе которых была определена средняя квадратическая ошибка измерения превышения на станции цифровым нивелиром DiNi 0.3 для плеч нивелирования 56,9, 25,4 и 9,4 м.

Ключевые слова: цифровой нивелир, средняя квадратическая ошибка, точность.

DETERMINATION OF THE STANDARD DEVIATION OF HEIGHT DIFFERENCE MEASUREMENT BY DIGITAL LEVEL IN FIELD CONDITIONS

Anton V. Nikonov

Sibtechenergo, 630032, Russia, Novosibirsk, 18/1, Planirovochnaja St., engineer surveyor, e-mail: sibte@bk.ru

Nadezhda M. Ryabova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., senior lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (383)343-29-55

Ekaterina L. Soboleva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc Prof, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (383)343-29-55

The article presents the results of field research during which it determined the average quadratic error of measurement of exceeding station digital level Trimble DiNi 0,3 for shoulder leveling 56,9, 25,4 mm and 9,4 m.

Key words: digital level, standard deviation, accuracy.

Действующая инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов допускает применение цифровых нивелиров для выполнения высокоточных работ.

Например, цифровой нивелир Trimble DiNi0.3, несмотря на сравнительно небольшое увеличение зрительной трубы (32^{\times}), согласно паспорту позволяет определять превышение со средней квадратической ошибкой 0,3 мм на 1 км двойного хода. Однако, в инструкции [1] не изложен порядок работы на станции при работе с системой «цифровой нивелир – штрих-кодовая рейка». Следует отметить, что штрих-кодовая рейка не имеет «основной» и «дополнительной» шкалы, в то же время в программном обеспечении нивелира можно задать многократное отсчитывание по рейке и установить допустимую СКО отсчета.

Отсутствие рекомендаций по работе с цифровыми нивелирами побудило ряд авторов к разработке последовательности взятия отсчетов на станции при выполнении государственного и инженерно-геодезического нивелирования [2, 3], а также к исследованию влияния некоторых факторов на точность автоматической фиксации отсчетов по штрих-кодовой рейке [4 – 7].

Цифровые нивелиры широко применяются при наблюдении за осадками фундаментов зданий и сооружений. Основным документом, регламентирующим точность выполнения данного вида работ, является ГОСТ 24846-2012 [8]. При выполнении нивелирных работ на промышленной площадке удобно пользоваться таким показателем точности, как средняя квадратическая ошибка измерения превышения на станции. Принимая, что допускаемая невязка в ГОСТ [8] получена путем умножения СКО измерения превышения на станции на два, можно принять для нивелирования I класса $m_{ст}=0,15$ мм, а для II класса $m_{ст}=0,25$ мм при предельной длине визирного луча соответственно 25 и 40 м [8]. Исследования точности нивелира DiNi0.3 в лабораторных условиях показали, что при длине визирного луча до 50 м величина ошибки $m_{ст}$ не превышает 0,11 мм [9]. Целью данных исследований является определение ошибки $m_{ст}$ при работе вне помещения.

Исследования включали в себя многократные измерения превышения между двумя башмаками, на которые были установлены неподвижно штрих-кодовые рейки с инварной полосой (р1 – задняя, р2 – передняя рейки, рис. 1). Рейки удерживались по круглому уровню посредством кронштейнов. Измерения превышения выполнялись с интервалом 30–60 секунд в жаркий солнечный день ($t=+32^{\circ}\text{C}$). На начальном этапе исследований был многократно (30 раз) определен угол i нивелира по способу Ферстнера, поэтому можно считать, что к началу измерений превышения между башмаками нивелир принял температуру окружающей среды [10]. Нивелир подвергался одностороннему солнечному нагреву (геодезический зонт не применялся).

Значение $m_{ст}$ определялось в соответствии с требованиями Методики [11]. Для расстояния 56,9 м было выполнено десять серий измерений (в каждой по 10 приемов); для расстояний 9,4 и 25,4 м – выполнено по 3 серии. Горизонт нивелира менялся подъемными винтами на $5 \div 10$ мм перед каждым приемом. Средние квадратические ошибки подсчитывались отдельно для каждой серии по формуле Гаусса (по отклонениям превышений от среднего по серии). Окончательно СКО определения превышения на станции вычислялась по формуле [11]:

$$m_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k m_j^2}{k}}, \quad (1)$$

где k – число серий; m_j – СКО превышения для j -ой серии.

Со станции ст1 превышение измерялось с 14:30 до 15:27 на участке местности с уклоном в сторону рек 1%. Результаты измерений представлены на рис. 2 и в таблице. Ошибка $m_{\text{ст}}=0,25$ мм превышает более, чем в два раза аналогичное значение, полученное в лабораторных условиях. Также в полевых условиях в два раза (с 0,59 до 1,21 мм) увеличился интервал Δ , в котором располагаются полученные значения превышения. Выполненные измерения подчинены нормальному закону распределения (94% отклонений от среднего арифметического по выборке не превосходят удвоенное значение σ).

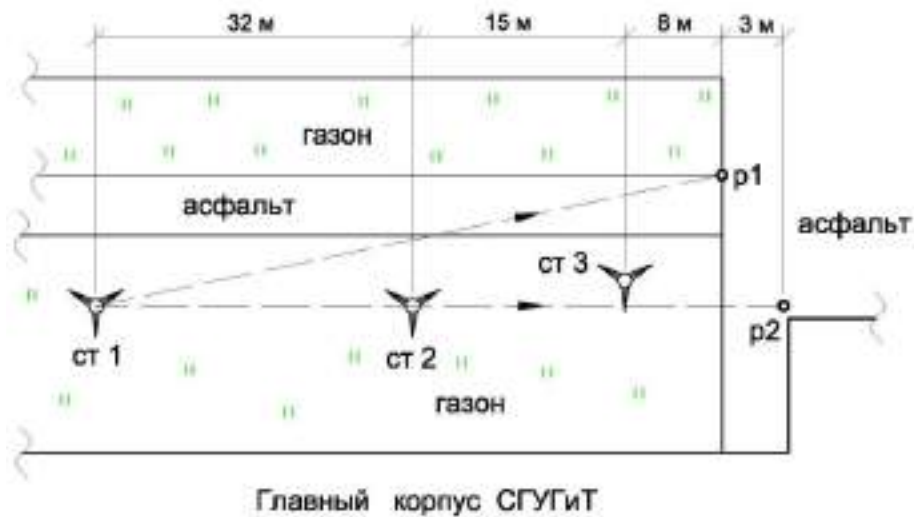


Рис. 1. Схема измерения превышения между рейками p1 и p2

Ошибки измерения превышения на станции $m_{\text{ст}}$, полученные по измерениям со станций ст2 и ст3 также оказались в два раза больше, чем в лаборатории. Очевидно, теплые потоки воздуха, перемещающиеся вверх от поверхности земли, вызывают колебания изображений реек и соответственно приводят к понижению точности отсчитывания.



Рис. 2. График изменения значений превышения для $S=56,9$ м

Таблица

Результаты измерений превышения в ходе исследований 24.06.2015

Станция	Расстояния до рейки, м		Высота прибора, м	Число измерений n	$h_{\text{ср}}$, мм	$m_{\text{ст}}$, мм	$\Delta = h_{\text{max}} - h_{\text{min}}$, мм
	задней	передней					
ст 1	55,2	58,6	1,02	100	139,63	0,25	1,21
ст 2	23,9	27,0	1,30	30	139,46	0,09	0,35
ст 3	8,0	10,7	1,45	30	139,46	0,05	0,27

Из таблицы следует, что среднее значение превышения $h_{\text{ср}}$, полученное на станции ст1, отличается на 0,17 мм от полученных на станциях ст2 и ст3. Данное отличие может быть вызвано систематическим влиянием вертикальной рефракции, тем более, что подстилающая поверхность при взгляде на рейку р1 и р2 не однородна [7]. После выполнения измерений со всех трех станций было повторно выполнено определение угла i , его изменение не превысило $1,0''$.

Значения ошибок $m_{\text{ст}}$ в пасмурную погоду ожидаются несколько меньшими по величине в сравнении с представленными в таблице. Одновременно воздействие вибрации от оборудования и строительных механизмов, порывы ветра приведут к увеличению СКО измерения превышения на станции [12].

По результатам выполненных исследований сформулируем основные выводы:

1. При работе цифровым нивелиром в жаркую ($t=+32^{\circ}\text{C}$), солнечную погоду средняя квадратическая ошибка измерения превышения на станции в два раза больше, чем при измерениях в лабораторных условиях и для длины плеч порядка 50 м составляет 0,25 мм.

2. Цифровые нивелиры вполне пригодны для выполнения нивелирования I и II классов при наблюдениях за осадками фундаментов зданий и сооружений. В солнечную погоду, в периоды колеблющихся изображений не следует выполнять нивелирование II класса при предельной длине визирного луча 40 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. ГКИНП (ГНТА)–03-010-03.2004. – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 226 с.
2. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов / Г.А. Уставич Г.А., В.Ф. Шаульский, О.И. Винокурова // Геодезия и картография. – 2003. – № 8. – С. 5–11.
3. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования / Г.А. Уставич, С.В. Демин, Е.Л. Шалыгина, Я.Г. Пошивайло // Геодезия и картография. – 2004. – №7. – С. 6–13.
4. Кузьмич А. И., Богданов С. С. Исследования влияния вибраций на современные цифровые нивелиры // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2014. – №1. – С. 18 – 21.
5. Новоселов Д. Б., Новоселов Б. А. Исследование работы высокоточного цифрового нивелира в условиях недостаточной освещенности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 117–121.
6. Рябова Н. М., Чешева И. Н., Лифашина Г. В. Исследование величины изменения угла i цифрового нивелира в зависимости от изменения температуры // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 19–24.
7. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами / Г.А. Уставич, Е.Л. Соболева, Н.М. Рябова, В.Г. Сальников // Геодезия и картография. – 2011. – № 5. – С. 3–9.
8. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений : Межгос. стандарт. - Введ. 01.07.2013.– М.: Стандартиформ, 2014. – 22 с.
9. Определение средней квадратической ошибки измерения превышения на станции цифровым нивелиром / А. В. Никонов, Е. Л. Соболева, Н. М. Рябова, Т. М. Медведская // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 77–84.
10. Особенности определения угла i цифровых нивелиров / А. В. Никонов, И. Н. Чешева, Г. В. Лифашина // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 94–101.
11. МИ БГЕИ 07-90 «Нивелиры. Методика поверки»: Методика института. – М.: ЦНИИГАиК, 1990. – 52 с.
12. Никонов А. В. Особенности применения современных геодезических приборов при наблюдении за осадками и деформациями зданий и сооружений объектов энергетики // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 12–18.

© А. В. Никонов, Н. М. Рябова, Е. Л. Соболева, 2016