

УДК 528.5

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА $i$ ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**

***Надежда Михайловна Рябова***

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, инженер НИС, тел. (383)361-09-59, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

***Ирина Николаевна Чешева***

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

***Галина Викторовна Лифашина***

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

Рассмотрена методика исследования влияния температуры воздуха на величину изменения угла  $i$  цифрового нивелира. Результаты представлены в виде графиков, сделаны выводы и даны рекомендации по совершенствованию методики нивелирования I и II классов.

**Ключевые слова:** цифровой нивелир, угол  $i$ , серия наблюдений, рекомендации.

## **RESEARCH OF DIGITAL LEVEL $i$ ANGLE VALUE DEPENDENCE ON TEMPERATURE CHANGES**

***Nadezhda M. Ryabova***

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., engineer, Research Centre, tel. (383)361-09-59, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

***Irina N. Chesheva***

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Assoc. Prof., Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (383)343-29-55

***Galina V. Lifashina***

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., senior lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (383)343-29-55

The technique for studying the atmospheric temperature effect on the digital level  $i$  angle value is considered. The results are presented as graphs. Conclusions and recommendations on I and II order leveling technique improvement are given.

**Key words:** digital level,  $i$  angle, series of observation, recommendation.

Основная задача любого нивелира – это задание горизонтального положения визирного луча, относительно которого происходит определение превышений между точками. На современном геодезическом рынке присутствует большое количество приборов, различных по конструкции и по принципу обеспечения

горизонта [1, 2], которые, при определенных условиях, дают хорошие результаты при высокоточных измерениях.

Современные цифровые нивелиры (ЦН) позволяют максимально повысить производительность процесса измерения при высокоточных измерениях.

Области применения цифровых нивелиров достаточно широки. Это высокоточное нивелирование для проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений, железных и шоссейных дорог и т. д., наблюдение за деформациями инженерных сооружений и другие работы [4, 9].

В связи с этим появляется новая задача нахождения точностных характеристик определения превышений с использованием цифровых нивелиров, пригодных по своим техническим данным для нивелирования I и II классов.

Одним из основных источников систематических ошибок при высокоточном нивелировании является неполный учет метрологических характеристик реек. В СГГА создана технология исследования штрих-кодовых реек цифровых нивелиров [12] и проведен целый ряд специфических исследований:

- влияние вертикальной рефракции на точность взятия отчетов по рейке [3, 5, 10];

- влияние вибрации на работу системы «цифровой нивелир – штрих-кодовая рейка», возникающей от движущегося транспорта, работающего оборудования и порывов ветра [8];

- влияние уменьшения емкости аккумуляторных батарей на результаты измеренных превышений [13];

- влияние степени освещенности штрих-кодовых реек на изменение величины отчета [6, 7].

Вторым важным мероприятием, направленным на повышение точности измерений, является изучение метрологических характеристик самого нивелира [11].

При производстве высокоточного геометрического нивелирования основной ошибкой, влияющей на точность измерения превышений на станции, является невыполнение главного условия нивелира, т. е. величины угла  $i$ . Рассмотрим теперь влияние изменения угла  $i$  на результаты нивелирования. Известно, что при изменении температуры воздуха происходит изменение угла  $i$  для цифровых нивелиров так же, как и для оптических нивелиров. Однако динамика этого изменения не приводится. Поэтому нами были выполнены исследования динамики нарушения главного условия цифрового нивелира.

Исследования проводились в марте 2011 г. Выполнялось три серии наблюдений, две серии из которых проводились в полевых условиях, и одна серия наблюдений была выполнена в помещении. Исследования в полевых условиях проводились в безветренную и ветреную погоду. При выполнении измерений применялся высокоточный цифровой нивелир серии Trimble Dini 07 и штрих-кодовая рейка. Сущность исследований заключалась в определении величины изменения отсчета по реке на станции при всех вышеперечисленных условиях наблюдения.

Рассмотрим каждую из серий наблюдений в отдельности.

Первая серия наблюдений выполнялась в полевых условиях при температуре воздуха  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Резкие порывы ветра в течение всего дня отсутствовали. Исследования проводились на ровной поверхности, покрытой асфальтом, по следующей программе. Перед началом измерений ЦН был вынесен из теплого помещения на улицу и установлен на штативе. Спустя 10–12 мин ЦН принимал температуру окружающего воздуха, после чего начинались производиться измерения. Рейка устанавливалась на металлический башмак на расстоянии 40 м от нивелира. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью составляла 40–50 см. Для защиты от попадания солнечных лучей на нивелир при выполнении измерений применялся геодезический зонт. Для ослабления влияния наклона рейки и установки ее в вертикальном положении при выполнении измерений применялись специальные подпорки.

Отсчеты по рейке снимались последовательно, три раза через 1 мин. Следующие измерения проводились через 3 мин и выполнялись аналогично. Продолжительность наблюдения составила 1 ч.

Вторая серия наблюдений, выполняемая в полевых условиях, проводилась при температуре воздуха минус 1 – минус 2  $^{\circ}\text{C}$ . Скорость ветра составляла 2 м/с, с порывами ветра с интервалом 3–5 с. Профиль подстилающей поверхности был практически равнинный. В качестве подстилающей поверхности при выполнении измерений второй серии наблюдений, так же как и в первой серии, был выбран асфальт. Исследования выполнялись по следующей программе. Перед началом измерений ЦН был вынесен из теплого помещения на улицу и был установлен на штатив. Спустя 10–12 мин нивелир принимал температуру окружающего воздуха, после чего начинались производиться измерения. Рейка устанавливалась на металлический башмак на расстоянии 40 м от нивелира. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью составляла 40–50 см. Для защиты от попадания солнечных лучей на нивелир при выполнении измерений применялся геодезический зонт. Для ослабления влияния наклона рейки и установки ее в вертикальное положение при выполнении измерений применялись специальные подпорки.

Отсчеты по рейке снимались последовательно три раза через 1 мин. Следующие измерения проводились через 3 мин и выполнялись аналогично. Продолжительность наблюдения составила 1 ч.

Третья серия наблюдений проводилась в помещении при температуре воздуха  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Исследования выполнялись по следующей программе. Перед началом измерений на штатив устанавливался ЦН. На расстоянии 40 м от ЦН устанавливалась рейка. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью составляла 40–50 см. Отсчеты по рейке снимались последовательно три раза через 1 мин. Следующие измерения проводились через 3 мин и выполнялись аналогично. Продолжительность наблюдения составила 1 ч.

По окончании измерений, в соответствии с рисунком, были получены следующие результаты:

- максимальное изменение отсчетов по рейке, полученное при наблюдении в помещении, составляет 0,4 мм на протяжении всего времени выполнения работ;
- максимальное изменение отсчетов по рейке, полученное при наблюдении в полевых условиях, проведенных в безветренную погоду, составляет 0,8 мм на протяжении всего времени выполнения работ;
- наибольшее изменение отсчетов по рейке происходит при выполнении наблюдений в полевых условиях, проведенных в ветреную погоду. Максимальное изменение отсчетов по рейке составляет 1,6 мм на протяжении всего времени выполнения работ. Такое изменение является значительным, так как оно влияет на измеренное превышение на станции.

В результате выполненных исследований можно рекомендовать:

- вводить поправки в результаты измерений за наличие угла  $i$ ;
- увеличить неравенство плеч на станции для нивелирования I класса с 0,5 до 1,5 м, а накопление в ходе увеличить с 1,0 до 2,0 м;
- увеличить неравенство плеч на станции для нивелирования II класса с 1,0 до 2,0 м, а накопление в ходе увеличить с 1,0 до 2,0 м.

Указанные рекомендации будут способствовать применению обоснованной методики выполнения высокоточного нивелирования и повышению его точности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хорошилов В. С., Пономарев В. А. Современная геодезическая техника // Вестник СГГА. – 2005. – Вып. 10. – С. 99–103.
2. Карпик А. П., Синякин А. К., Кошелев А. В. Тенденции развития геодезических измерительных приборов и систем // Вестник СГГА. – 1998. – Вып. 3. – С. 74–79.
3. Рябова Н. М., Смольников В. Г. Методика исследования влияния рефракции на цифровые нивелиры // 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. 12–17.
4. Сальников В. Г. Технология геодезических работ при строительстве фундаментов турбоагрегата мощностью 420 МВт // 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. 18–23.
5. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровым нивелиром / Е. Л. Соболева, Н. М. Рябова, В. Г. Сальников // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 32–36.
6. Рябова Н. М. Исследование влияния различной освещенности на отчеты по рейке // 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. 42–45.
7. 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.



8. Исследование влияния вибрации системы «штатив – нивелир» на точность измерений цифровым нивелиром / А. Бетр Ашраф, Н. И. Рябова, В. Г. Сальников, М. Р. Рахымбердина // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 28–32.
9. Скрипников В. А., Скрипникова М. А. Технологическая схема геодезического обеспечения реконструкции гидрогенератора // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 46–51.
10. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования при отрицательной температуре / Е. Л. Соболева, В. Г. Сальников, Н. М. Рябова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 81–84.
11. Хасенов К. Б., Рахымбердина М. Р. Методика определения средней квадратической погрешности измерения превышения на 1 км хода на полевом компараторе в стесненных условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 128–132.
12. Исследование штрих-кодовых реек цифровых нивелиров / Г. А. Уставич, Н. М. Рябова, В. Г. Сальников, А. Н. Теплых // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (13). – С. 3–8.
13. Исследование влияния емкости батареи геодезических приборов на ошибку измерения превышения и расстояния / А. Бешр Ашраф, Н. М. Рябова, А. В. Кочетков // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 197–201.

Получено 31.10.2013

© Н. М. Рябова, И. Н. Чешева, Г. В. Лифашина, 2013