

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕФРАКЦИИ НА ЦИФРОВЫЕ НИВЕЛИРЫ

Надежда Михайловна Рябова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии информационных систем, тел. 8-923-227-27-76, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

Валерий Геннадьевич Сальников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-913-932-62-20, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

В статье рассмотрена методика исследования влияния вертикальной рефракции на цифровые нивелиры. Результаты исследований показывают, что при выполнении высокоточного нивелирования с применением цифровых нивелиров влияние вертикальной рефракции на отсчеты по рейкам меньше, чем при выполнении нивелирования нивелиром с визуальным отсчитыванием. Установлено, что влияние вертикальной рефракции в зимнее время на результаты нивелирования цифровыми нивелирами отлично от влияния ее в летний период.

Ключевые слова: цифровой нивелир, вертикальная рефракция.

REFRACTION EFFECT ON DIGITAL LEVELS: RESEARCH TECHNIQUES

Nadezhda M. Ryabova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, tel. 89232272776, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

Valery G. Salnikov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, tel. 8-913-932-62-20, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

The techniques for the research of vertical refraction effect on digital levels are considered. According to the results produced by the author, in precision digital leveling vertical refraction effect on the rod reading is less than in case with visual reading level. It is stated that vertical refraction effect on digital leveling results in winter differs from that in summer.

Key words: digital level, vertical refraction.

Известно, что принцип взятия отсчета цифровым нивелиром по штрих-кодовой рейке происходит в угловом секторе, где необходимая линейная величина изображения штрих-кода должна быть не менее 300 мм. Это означает, что общий отсчет по штрих-кодовой рейке состоит из суммарного отчета каждого из кодовых штрихов. В свою очередь отчет каждого из штрихов зависит от его положения на рейке. И, наконец, на положение каждого из штрихов будет по-разному влиять влияние вертикальной рефракции.

Искажение результатов геодезических измерений, в том числе и геометрического нивелирования, возникает из-за неоднородности приземного слоя атмосферы [1, 3, 4].

Турбулентное движение слоев воздуха определяется как совокупность большого числа переносимых ветром вихрей различного размера [1]. Это означает, что при выполнении нивелирования одиночный визирный луч, попадая в оптически неоднородную среду, изменяет показатель преломления от точки к точке, и это приводит к изменению его направления; тем самым при каждом изменении направления визирного луча получается новый отсчет по рейке. В связи с этим возникает необходимость в разработке методики исследования влияния рефракции на цифровые нивелиры [6,7,8]. Сущность исследований заключалась в определении величины изменения отсчёта по рейке на нивелирной станции.

Исследования проводились при положительных (в солнечную погоду, при переменной облачности, в пасмурную погоду иногда при небольших кратковременных дождях) и отрицательных температурах. Визирный луч проходил над следующими видами подстилающих поверхностей: травяной покров высотой 5-10см, твёрдое покрытие (в виде смеси песка и щебня) и снежный покров, высота которого составляла 20-30 см.

Перед началом исследований ножки штатива устанавливались на бетонное основание или надёжно углублялись в подстилающую поверхность, в результате чего влияния перемещения наблюдателя на положение системы «цифровой нивелир - штрих-кодовая рейка» практически не было. При выполнении исследований вдоль шоссеной дороги штатив с нивелиром устанавливались на её обочине. Во время выполнения измерений применялся геодезический зонт. Для исключения попадания засветок от лучей Солнца в объектив нивелира (особенно во время его восхода или захода) рейки устанавливались по направлению север-юг. Измерения начинали производить спустя 15-20 минут после восхода Солнца. Для выполнения измерений применялись нивелиры типа Dini 12 [2].

При исследованиях, в условиях положительных температур, определялось влияние рефракции на изменения отсчёта по штрих-кодовой рейке в течение всего дня при расстоянии до неё 15, 30 и 50м. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью для каждого из этих расстояний 50 и 70 см. Температура воздуха находилась (изменялась) в пределах $+6^{\circ}\text{C} \div +28^{\circ}\text{C}$; резкие порывы ветра отсутствовали. Профиль подстилающей поверхности был равнинный, а также имеющий уклон (подъём в сторону рейки). В солнечную погоду, при переменной облачности общий период выполнения измерений составил 18 дней (10 дней травяной покров и 8 дней твёрдое покрытие), в пасмурную погоду 12 дней (7 дней травяной покров и 5 дней твёрдое покрытие). Ежедневно, перед началом измерений и по их окончании определялось значение угла i . Отсчёт по рейке состоял из трёх последовательных отсчётов с последующим их осреднением, интервал между получением осреднённых отсчётов был равен 6-7мин. Первый осреднённый отсчёт принимался за исходный.

Результаты исследований в солнечную погоду следующие:

1. На равнинном участке, на расстоянии 15 м (превышения между нивелиром и рейкой были в пределах 0,2-0,3м) для обоих типов подстилающей

поверхности при высоте визирного луча 50 см после восхода Солнца в течение 1,0-1,5 часа наблюдается увеличение отсчётов по рейке на 0,04-0,15мм. Затем увеличение отсчётов прекращается и в дальнейшем в течение дня наблюдаются изменение отсчётов практически симметрично относительно среднего положения. Перед заходом Солнца наблюдается уменьшение отсчётов практически на такую же величину. При высоте визирного луча 70 см для обоих типов подстилающей поверхности увеличения отсчётов по рейке не превышало 0,12мм. Затем также в течение дня наблюдаются изменение отсчётов практически симметрично относительно среднего положения. Перед заходом Солнца также наблюдается уменьшение отсчётов практически на такую же величину.

На наклонном участке (превышения между нивелиром и рейкой были в пределах 1,2-1,4м) изменения отсчётов по рейке были практически такими же.

2. На расстоянии 30 м для травяного покрова на равнинном участке увеличение (в дальнейшем и уменьшение) отсчётов по рейке в периоды восхода и захода Солнца было в пределах 0,18-0,26мм, а для твёрдого покрытия 0,24-0,32мм. Для наклонного участка в утренние и вечерние часы наблюдалось изменение отсчётов примерно на 20-30% больше, чем на равнинном участке. В течение дня также наблюдалось практически симметричное изменение отсчётов по рейке относительно среднего положения. Увеличение высоты визирования до 70 см практически не приводит к изменению характера и величины изменения отсчётов.

3. На расстоянии 50 м для травяного покрова и для твёрдого покрытия на равнинном участке увеличение (уменьшение) отсчётов по рейке в периоды восхода и захода Солнца было в пределах 0,46-0,68мм, а на наклонном участке 0,52-0,76мм. Также в течение дня наблюдалось практически симметричное изменение отсчётов по рейке относительно среднего положения. Увеличение высоты визирования до 70 см также практически не приводит к изменению характера и величины изменения отсчётов.

Влияние вертикальной рефракции на цифровое нивелирование представлено на рис. 1.

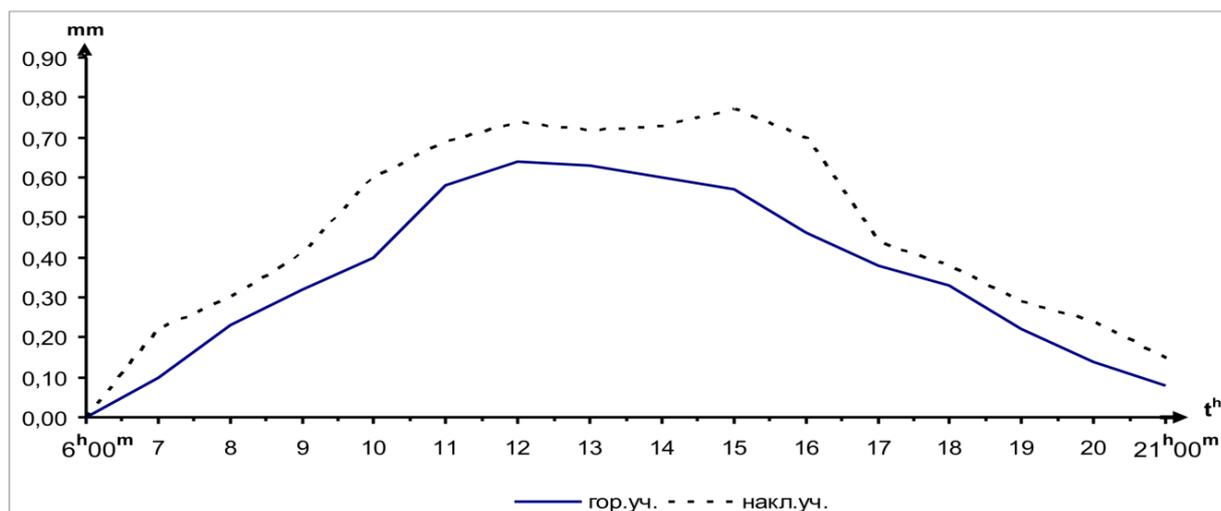


Рис. 1. Влияние вертикальной рефракции на цифровое нивелирование при положительных температурах

Результаты исследований при пасмурной погоде следующие:

1. На равнинном и наклонном участках на расстоянии 15 м, а также для двух высот визирования изменение отсчётов в утренние и вечерние периоды были незначительными и находились в пределах 0,05-0,08мм. В течение дня изменение отсчётов по рейке относительно среднего положения было небольшим и симметричным.

2. Увеличение расстояния до рейки для равнинного и наклонного участков до 30 м приводит к увеличению изменения отсчётов по рейке для обеих высот визирования в среднем на 0,08-0,22 мм. Изменение отсчётов в течение дня было также небольшим и симметричным.

3. На расстоянии 50 м для указанных выше условиях выполнения измерений отсчёты увеличиваются на 0,22-0,35 мм и их изменение небольшое и симметричное.

Экспериментальные исследования в условиях отрицательных температур при наличии снежного покрова выполнялись на промплощадке строящейся тепловой электростанции Няганьской ГРЭС [3]. Наблюдения проводились при температуре воздуха -14°С. Резкие порывы ветра в течение всего дня отсутствовали. Профиль подстилающей поверхности был практически равнинный. Для выполнения измерений применялся высокоточный цифровой нивелир серии Trimble Dini 12 и штрих-кодовая рейка.

Исследования выполнялись по следующей программе. На исследуемом участке устанавливался штатив. Ножки штатива углублялись в снежный покров до соприкосновения с землей. Так как штатив устанавливался на мёрзлую землю, влияния перемещения наблюдателя на положение системы «цифровой нивелир - штрих-кодовая рейка» практически не было. Для того чтобы от нагрева солнечными лучами под ножками штатива не было таяния снега их концы были укрыты снегом. Перед началом измерений нивелир был вынесен из теплого помещения на улицу и установлен на штатив. Спустя 10-12 мин нивелир принимал температуру окружающего воздуха, после чего начинались производиться измерения. На расстоянии 25 и 50 м от нивелира устанавливалась штрих-кодовая рейка. Для обеспечения надежной фиксации на точке при установке штрих-кодовой рейки применялся металлический башмак. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью составляла 40-50 см.

Исследования выполнялись следующим образом. Перед началом исследований на станции производилось взятие отсчётов по рейке 15 раз для каждого расстояния. После чего находился средний отсчёт для данного дня. Полученный отсчёт принимался за исходный. Затем в течение всего дня с интервалом 5 мин отсчёты производились снова. Каждое последующее снятие отсчёта по рейке сопровождалось трехкратным измерением. После чего из них находилось среднее. Исследования заканчивались перед заходом Солнца или сразу после его захода. Исследования выполнялись в течение трёх дней.

Величина и характер влияния вертикальной рефракции оценивалась по изменению средних отсчётов, полученных в течение всего дня [9, 10].

Результаты исследований показали следующее:

- на равнинном участке, где расстояние до рейки составляет 25 м, при двух высотах визирования изменение отсчётов в утренние и вечерние периоды наблюдений находится в пределах 0,05-0,09 мм. Такое изменение отсчётов по рейке является незначительным. В течение всего дня изменение отсчёта относительно исходного составляет 0,10-0,20 мм и является существенным. В близ полуденное, полуденное и после полуденное время изменение отсчётов по рейке составляет от 0,25-0,35 мм. Такое изменение отсчётов по рейке является значительным, и оно влияет на измеренное превышение.

- при увеличении расстояния до максимального 50 м в утреннее, полуденное и после полуденное время влияние рефракции приводит к изменению характера колебаний значений отсчётов для обеих высот визирования на 0,35-0,45 мм. Такие колебания значений отсчётов является существенными и, следовательно, будет влиять на результаты измеренных превышений.

Из выше приведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. При отрицательных температурах изменение отсчётов по рейке также имеет место, что приводит к влиянию вертикальной рефракции на высокоточное нивелирование. Это влияние, также как и при нивелировании при плюсовых температурах, максимально в полуденное время.

2. При увеличении длины расстояния до максимального вертикальная рефракция, также как и при плюсовых температурах, оказывает наибольшее влияние на результаты измерения, особенно в близ полуденное, полуденное и после полуденное время.

3. Влияние вертикальной рефракции в зимнее время на результаты нивелирования цифровыми нивелирами отлично влиянию в летний период времени.

4. Влияние вертикальной рефракции на изменение отсчётов по штрих-кодовой рейке цифровым нивелиром меньше чем при отсчитывании оптическим нивелиром по штриховой рейке даже при высоте визирного луча над подстилающей поверхностью 50 см.

5. В связи с этим считаем необходимым при выполнении нивелирования I и II классов максимальной длиной луча уменьшить высоту визирного луча над пяткой рейки, соответственно, до 0,5 и 0,4 м. Это будет способствовать увеличению продвига выполнения нивелирования без потери точности измерений.

6. Также увеличению продвига нивелирования будет способствовать увеличение допуска на разность плеч на нивелирной станции и увеличение величины накопления этих неравенств по секции. Это предложение обосновывается следующими двумя факторами. Влияние рефракции на результаты измерения превышения на станции при длине плеч 50 м носит случайный характер и тем более это влияние является случайным при длине плеч 3-5м. Также это влияние является случайным при разности плеч на

станции. Другим фактором является то, что зрительные трубы цифровых нивелиров имеют увеличение до 30, и в этом случае глубина резкости изображения будет больше, чем при увеличении 40, требуемого нормативным документом для оптических нивелиров с плоскопараллельной пластинкой. Следовательно, выполнять дополнительное перефокусирование зрительной трубы на станции при визировании на заднюю рейку, а затем и на переднюю (и, наоборот) при увеличении разности плеч не придётся. Тем самым на результаты измерения превышения на станции не будет оказывать влияние ход фокусирующей линзы. В связи с этим считаем необходимым при выполнении нивелирования I класса увеличить допуск на разность плеч на нивелирной станции до 2,0 м и накопление этих неравенств по секции до 3,0 м, а при выполнении нивелирования II класса этот допуск необходимо довести, соответственно, до 4,0 и 5,0 м [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение: учебное пособие для вузов, изд. 2-е. – М.: Академический проект, 2008. – 591 с.
2. 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
3. Соболева Е.Л., Сальников В.Г., Рябова Н.М. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами при отрицательной температуре // 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.
4. Сальников В.Г. Геодезические работы при возведении градирен большой высоты // 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. 72–77.
5. Скрипников В.А., Скрипникова М.А. Совершенствование схем планового обоснования для определения горизонтальных смещений гидротехнических сооружений // 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. 97–100.
6. Басаргин А.А. Анализ деформаций фундаментов промышленных сооружений с применением геостатистических методов // 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. 201–206.
7. Басаргин А.А. Вариограммный и ковариационный анализ результатов наблюдений за осадками фундаментов инженерного сооружения // 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. 13–18.
8. Лесных Н.Б., Лесных Г.И., Малиновский А.Л. Предельные ошибки измерений // 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. 26–32.
9. Результаты комплексных геодезическо-гравиметрических наблюдений на геодинамическом полигоне Спорышевского месторождения / В.А. Середович, А.И. Каленицкий, Э.Л. Ким, М.Д. Козориз // 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. 12–15.

10. Хорошилова Ж.А., Хорошилов В.С. Деформационный мониторинг инженерных объектов как составная часть геодезического мониторинга // 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. 77–81.

© Н.М. Рябова, В.Г. Сальников, 2013