

УДК 528.54

Ашраф А. Бешр, Н.М. Рябова, В.Г. Сальников, М.Р. Рахимбердина
СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ СИСТЕМЫ «ШТАТИВ – НИВЕЛИР» НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ЦИФРОВЫМ НИВЕЛИРОМ

Достижение результатов, которые соответствуют спецификации любого проекта, например, мониторинг структурной деформации, знание определения точности измерений полученных с помощью применяемых геодезических приборов являются неизбежными. Таким образом, для достижения высокой точности результатов измерений во время нивелирования с использованием цифровых нивелиров необходимо, чтобы прибор не перемещался по отношению к объекту. Во многих ситуациях нивелирования, цифровой нивелир подвергается вибрациям. В данной статье представлено исследование влияния вибрации системы «штатив – нивелир» на измеренные превышения и расстояния с применением цифровых нивелиров.

Ashraf A. Beshr, N.M. Ryabova, V.G. Salnikov, M.R. Rahimberdina
SSGA, Novosibirsk

STUDYING THE EFFECT OF VIBRATION OF «TRIPOD –LEVEL» SYSTEM ON THE MEASUREMENTS ACCURACY OF DIGITAL LEVELS

In order to achieve the results that meet specifications of a given project, for example monitoring the structural deformation, the knowledge of determination the accuracy of the applied surveying instruments is inevitable. So, to achieve high accuracy results during leveling using digital levels, it is of great importance that the instrument does not move relative to the object. In many situations of leveling the digital level is subjected to shocks and vibrations. This paper investigates the effect of vibration of «tripod –level» system on the measurements accuracy of digital levels.

К настоящему времени появились цифровые нивелиры, в основе которых лежит электронное считывающее устройство. Цифровые нивелиры обладают рядом технических преимуществ: улучшенная система автоматического считывания по рейке со специальным штрих-кодом, более точное измерение расстояний, оптико–электронный лимб горизонтального круга, карта памяти для хранения данных, компенсатор. По сравнению с оптическими нивелирами цифровые нивелиры имеют большую точность. Благодаря высокой точности, а так же компенсатору и автоматическому вводу инструментальных поправок в результаты измерений, цифровые нивелиры позволяют проводить работы по нивелированию I, II классов точности [1]. Возможность измерения расстояний позволяет быстро выравнять плечи в нивелирных ходах вперед и назад, обеспечивая высокую надежность результатов, и оптимизируя распределение влияния случайных ошибок. Также цифровые нивелиры используются для определения деформаций инженерных сооружений и оборудования.

Существует целый ряд факторов, оказывающих влияние на возникновение ошибок в результатах измерений цифровыми нивелирами.

При выполнении наблюдений за деформациями инженерных сооружений идеальных условий практически не бывает. И поэтому в процессе выполнения измерений могут возникнуть ошибки при взятии отсчетов по рейке, обусловленные, прежде всего, ошибкой «взгляда». Одной из причин возникновения такой ошибки является влияние вибрации на систему «штатив – нивелир». В данной статье представлено исследование влияния вибрации системы «штатив – нивелир» на измеренные превышения и расстояния с помощью цифровых нивелиров. Целью исследования является определение оценки и пригодности цифрового нивелира для выполнения геодезических работ в условиях действия вибрации, а также величины изменения отсчетов в зависимости от изменения силы действия вибрации на систему «основание – штатив – нивелир».

Вибрация - это механическое колебательное движение системы с упругими связями; движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений по крайней мере одной координаты. Причиной возбуждения вибраций являются возникающие от движения транспортных средств, машин, механизмов и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. Источником такого дисбаланса может быть неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы тела и оси вращения, деформация деталей, а также неправильная установка и эксплуатация оборудования.

Основные параметры вибрации: частота, амплитуда смещения, скорость, ускорение, период колебания. В производственных условиях почти не встречается вибрации в виде простых гармонических колебаний. При работе машин и оборудования обычно возникает сложное колебательное движение, которое является аperiodическим, имеющим импульсный или толчкообразный характер. При выполнении нивелирования в условиях работы действующего оборудования всегда имеются указанные колебательные движения. На отдельных участках промплощадки довольно часто имеют место резонансные колебания с частотой 5-50 Гц и амплитудой 50-200 мкм.

Исследование влияния вибрации системы «штатив – нивелир» на точность результатов нивелирования, полученных оптическими нивелирами, начались выполняться в связи с применением высокоточного геометрического нивелирования для определения деформаций работающего промышленного оборудования [2]. Исследованиями было установлено, что авторедукционные нивелиры с визуальным отсчитыванием не только не уступают уровенным нивелирам, но и, в ряде случаев, превосходят их по эксплуатационным качествам.

Для достижения влияния вибрации системы «штатив – нивелир» на точность измерений цифровым нивелиром было выполнено экспериментальное исследование в лаборатории СГГА с использованием кодовой рейки и цифрового нивелира Trimble DiNi № 706531.

Для имитации вибрации на ножке штатива был зафиксирован электрический вентилятор. Для создания различных частот колебаний

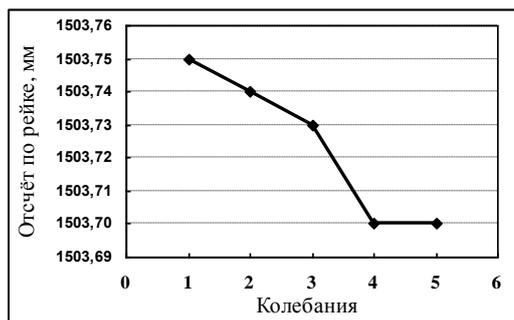
штатива на лопасти вентилятора был помещен эксцентрик с дополнительной массой. Эксперимент проводился в дневное время при естественном освещении и температуре 24⁰ С. Измерения были произведены на четырех станциях, на которых выполнялось три серии отсчетов по рейке при расстояниях: 5,51 м, 9,93 м, 16,17 м, 20,67 м. Сначала были выполнены измерения при выключенном вентиляторе при различных расстояниях до рейки. Затем включался вентилятор, тем самым, передавая штативу, вибрационное воздействие с частотой ≈ 10 Гц, и выполнялись измерения при включенном вентиляторе. По окончании этих измерений к лопасти вентилятора крепился эксцентрик (на различные расстояния от оси вращения прибора) и измерения повторялись.

В каждой серии измерений производилось по 25 отсчетов по рейке. Для каждого расстояния изменение параметра вибрации выполнялось 5 раз. Для анализа результатов вычислялась средняя квадратическая ошибка (СКО) измерения превышений m_h по формуле Бесселя

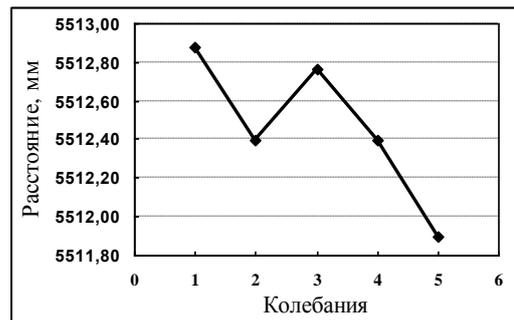
$$m_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{3(n-1)}}, \quad (1)$$

где v_i – отклонение результата i -го измерения в отдельном приеме от среднего значения в программе измерений.

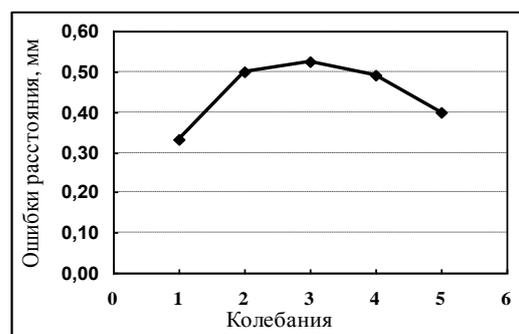
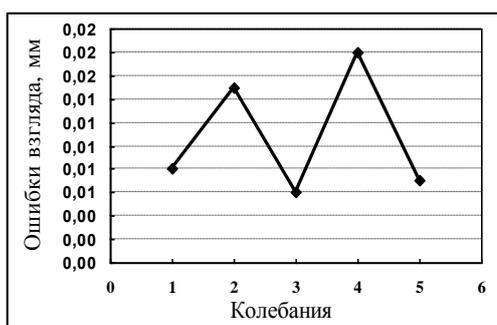
На основе полученных измерений цифровым нивелиром были вычислены для каждой установки рейки величины СКО. Результаты выполненных исследований приведены в табл. 1. В зависимости от полученных результатов были построены графики, на которых по оси абсцисс откладывается величина колебания штатива, а по оси ординат – измеренные (отчеты и расстояния) и их ошибки. Один из таких графиков для расстояния 5,51 м показан на рис. 1.



а)



б)



в) г)

Рис. 1. Результаты исследований при расстоянии от цифрового нивелира до рейки 5,51 м

Таблица 1. Исследование влияния вибрации системы «штатив – цифровой нивелир» на точность измерений

S	Расстояние от цифрового нивелира до рейки									
	5,51 м					9,93 м				
N серий	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
среднее значение отсчётов, мм	1503,75	1503,74	1503,73	1503,70	1503,70	1437,29	1437,30	1437,28	1437,29	1437,30
среднее значение Расстояний, мм	5512,9	5512,4	5512,8	5512,4	5511,9	9925,2	9920,7	9922,8	9929,2	9929,4
Ошибка взгляда, мм	0,008	0,015	0,006	0,018	0,007	0,007	0,015	0,011	0,012	0,008
СКО расстояния, мм	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	1,1	1,7	1,1	0,9	0,8
S	16,17 м					20,67 м				
N серий	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
среднее значение отсчётов, мм	1508,19	1508,19	1508,18	1508,17	1508,21	1483,98	1483,99	1484,13	1483,94	1483,92
среднее значение Расстояний, мм	16168,2	16167,2	16168,0	16167,9	1616,3	20666,1	20671,0	20673,8	20661,6	20659,5
Ошибка взгляда, мм	0,019	0,022	0,020	0,027	0,029	0,021	0,049	0,325	0,025	0,059
СКО расстояния, мм	0,9	1,5	0,8	0,9	1,0	3,8	6,5	5,0	6,6	4,7

где 1: без вибрации штатива, 2: вибрация штатива без эксцентрика, 3: вибрация штатива с эксцентриком (позиция 1), 4: вибрация штатива с эксцентриком (позиция 2), 5: вибрация штатива с эксцентриком (позиция 3)

Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) По мере увеличения расстояния от нивелира до рейки происходит увеличение ошибки взгляда и СКО расстояния;

2) Из приведенной табл. 1 следует, что 9,93 м является наилучшим расстоянием в условиях влияния вибрации штатива с эксцентриком в позиции 3 и 16,17 м в условиях влияния вибрации штатива с эксцентриком в позиции 1.

Практически, наиболее эффективный метод для ослабления влияния вибрации системы «штатив – нивелир» на результаты измерений заключается в том, что система «штатив – нивелир» должна быть изолирована от источника вибрации с помощью внешних устройств стабилизации посредством установки между источником вибрации и объектом виброзащиты дополнительного устройства. Нами предлагается устанавливать под штатив виброизоляторы (подкладки из войлока и резины), обладающие выраженной упругостью и вязкостью. Их упруго-вязкие элементы обеспечивают непрерывную защиту прибора от чрезмерных динамических воздействий, способных вызвать разьютировку или отказ. Автор работы [2] выполнял аналогичный способ ослабления влияния вибрации на ошибку измерений различными геодезическими способами при определении деформаций АЭС, ГРЭС и ТЭЦ. Исследования автора показали, что с применением виброизоляционных прокладок точность определения превышения на станции при помощи высокоточного нивелира ухудшается всего на 5-15%.

Нами так же были выполнены исследования влияния вибрации для указанных расстояний на систему «штатив – цифровой нивелир» с применением амортизаторов (из мягкой резины), которые так же устанавливались под ножки штатива. Исследованием установлено, что их применение уменьшает величину ошибки взгляда на 40-60%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соболева, Е.Л. Разработка и совершенствование методики высокоточного нивелирования I, II классов с применением цифровых нивелиров [Текст]: дис. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук / Е.Л. Соболева. – Новосибирск, 2008. – 186 с.

2. Уставич, Г.А. Разработка методов, средств и технологий геодезических измерений при монтаже и эксплуатации оборудования инженерных сооружений в условиях влияния возмущающих воздействий [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук / Г.А. Уставич. – Новосибирск, 1992. – 400 с.