

УДК 528.2:528.4

## Преимущества цифрового нивелира TRIMBLE DINI в исследовании влияния вибрации на результаты нивелирования

Сулейменов Жасулан Толеубаевич

(магистрант) Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

---

**Аңдатпа.** Сандық нивелирлерді қолданып нивелирлеу барысында өлшеу нәтижелерінің жоғары дәлдігіне қол жеткізу үшін құрал нысанға қатысты жылжымауы тиіс. Нивелирлеудің көпшілік жағдайларында сандық нивелир тербелістер әсеріне ұшырайды. Берілген мақалада TRIMBLE DINI сандық нивелирының тербелістердің нивелирлеу нәтижелеріне әсерін зерттеудегі басқа сандық нивелирлерден артықшылықтары қарастырылады.

**Кілт сөздер:** *діріл, сандық нивелир, рейка, зерттеу, нивелирлеу.*

**Аннотация.** 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 представлены преимущества цифрового нивелира TRIMBLE DINI в исследовании влияния вибрации на результаты нивелирования.

**Ключевые слова:** *вибрация, цифровой нивелир, рейка, исследования, нивелирования.*

**Abstract.** In order to achieve high precision of results of measurements during leveling by using of digital levels it is necessary that the device does not move in relation to object. In many situations of leveling, the digital level is exposed to vibrations. In current work advantages of a digital level TRIMBLE DINI in research of influence of vibration on results of leveling is presented.

**Key Words:** *vibration, digital level, rake, research, technology.*

---

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.

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 [1]. Исследованию подвергались цифровой нивелир TrimbleDiNi 03, обеспечивающий среднюю квадратическую ошибку взятия отсчета (ошибка «взгляда») по рейке  $m_{взгл.} = 0,02-0,04$  мм или среднюю квадратическую ошибку измерения превышения на нивелирной станции  $m_h = 0,03 - 0,06$  мм. Под средней квадратической ошибкой «взгляда» при выполнении нивелирования цифровым нивелиром будем понимать так же как и для оптического нивелира с микрометром, суммарную величину основных ошибок, влияющих на ошибки единичного отсчёта по одной рейке:  $m_k$  – установки компенсатора в отвесное положение (ошибка самоустановки компенсатора),  $m_p$  – установки рейки в отвесное положение по круглому уровню,  $m_{счит}$  – собственно считывания сенсорным устройством нивелира штрих – хода,  $m$  – нанесения делений штрих – хода на рейку,  $m_{вн}$  – за влияния внешних условий.

$$m_{взгл.} = \sqrt{m_k^2 + m_p^2 + m_{счит.}^2 + m^2 + m_{вн}^2} \quad (1)$$

Сенсорное устройство представляет собой электронную линейку, позволяющую считывать штрих – хода на рейке. Величина средней квадратической ошибки измерений превышения на нивелирной станции для односторонней рейки вычисляется по формуле [2]

$$m_h = m_{взгл.} \sqrt{2}. \quad (2)$$

Так как под действием вибрации происходит непрерывное измерение положения визирной оси (её наклон вверх-вниз), то с увеличением расстояния от нивелира до рейки изменение отсчёта по ней будет увеличиваться. Поэтому исследования в лабораторных условиях выполнялись при разных расстояниях: 2,44м; 4,41м; 8,91м; 15,15м; 21,62м; 24,52м; 31,18м. Непосредственно на нивелирной станции программа исследований включая в себя определение величин средних квадратических ошибок «взгляда» и измерения превышения. Для каждого расстояния было выполнено 5 серий измерений по 20 отсчётов (и превышений) в каждой серии. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Исследования в условиях действующего карьера и на промышленной площадке выполнялись в непосредственной близости от работающего оборудования. Указанная в таблице 2 амплитуда колебаний выбирались путем установки нивелира в районе влияния вибрации с указанными в таблице параметрами вибрации. Необходимо отметить, что при выполнении исследований оказывала влияние и горизонтальная составляющая вибрации.

Так как при работе турбоагрегатов в турбинном зале всегда имеется значительный перепад температур, то на положение визирной оси в некоторой степени оказывает влияние и турбулентность воздуха.

**Таблица 1: Результаты исследования величин ошибок «взгляда» и измерения превышений**

Величина	Расстояние от нивелира до рейки, м						
	2,44	4,41	8,91	15,15	21,62	24,52	31,18
$m_{\text{взгл.}}$	0,012	0,015	0,018	0,038	0,09	0,14	0,18
$m_{\text{н}}$	0,03	0,015	0,026	0,04	0,24	0,18	0,34

При амплитуде колебаний 35-50 мкм часто происходил сбой отсчётов по рейке, а при амплитуде колебаний свыше 55-85 мкм измерения выполнять вообще невозможно. Для выполнения измерений в таких условиях нами применялись амортизационные подкладки толщиной 3-5 мм из войлока или твёрдых сортов резины, которые подкладывались под ножки штатива. Исследованиями установлено, что их применение позволяет ослабить влияния вибрации на 30-40%.

**Таблица 2: Результаты исследования величины ошибок «взгляда» и измерения превышений в условиях карьера и промплощадки**

Величина	Расстояние от нивелира до рейки, м							
	3,80	5,70	10,81	17,44	21,80	25,60	31,00	41,50
f = 50 Гц, A = 10- 20 мкм								
$m_{\text{взгл.}}$	0,03	0,08	0,18	0,23	0,43	0,51	0,55	0,62
$m_{\text{н}}$	0,05	0,12	0,24	0,35	0,65	0,76	0,84	1,05
f = 50 Гц, A = 25- 40 мкм								
$m_{\text{взгл.}}$	0,06	0,14	0,21	0,37	0,50	0,64*	0,70*	0,90*

\* - Отсчёты в сериях иногда сбивались;

\*\* - Величина ошибки колебалась в сериях до 0,2 – 0,4 мм.

Необходимо отметить, что в непосредственной близости от корпуса турбоагрегата перепад температур достигает 60-80°C. Это приводит к появлению локальных конвекционных потоков воздуха, что, в свою очередь, приводит к значительному колебанию изображения штрих-кодовой рейки. В таких условиях также невозможным является взятие отсчетов по этой рейке.

## **Выводы**

1. Работающее оборудование и механизмы в карьерах и на промышленных площадках значительно увеличивают ошибку измерения превышения на нивелирной станции при выполнении геодезических и маркшейдерских работ.

2. Для уменьшения влияния вибрации на результаты нивелирования цифровыми нивелирами необходимо выбирать места для установки нивелира или под ножки штатива подкладывать амортизационные подкладки из войлока или резины.

## **Использованная литература**

- [1] Уставич Г.А. Опыт работы с авторедукционными нивелирами в условиях вибрации [Текст]/ Г.А. Уставич // Геодезия и картография. – 1974. -№ 11, С. 33-35.
- [2] Ашраф А. Бешр, Рябова Н. М, Рахимбердина М. Р. Исследование влияния вибрации системы «штатив нивелир» на точность измерений цифровым нивелиром [Текст]/ Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2010. - №-1 / том 1.