



Лабораторная работа №4. ИЗУЧЕНИЕ НИВЕЛИРОВ.

При изысканиях и строительстве инженерных сооружений, а также для определения высот пунктов съемочного обоснования топографических съемок производят техническое нивелирование с помощью специальных приборов – нивелиров.

Целью лабораторной работы является изучение устройства и приобретение практических навыков по выполнению исследований нивелиров и нивелирных реек, поверок нивелиров и измерению превышений.

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности:

1. Изучить устройство нивелиров НЗ, НЗК и нивелирных реек.
2. Научиться устанавливать нивелир в рабочее положение, визировать на нивелирные рейки и снимать отсчеты.
3. Выполнить исследования нивелиров НЗ, НЗК.
4. Выполнить поверки нивелиров НЗ, НЗК.
5. Измерить превышения методами «из середины» и «вперед».

Данные методические указания написаны в соответствии с учебной программой дисциплины «Геодезия».

К отчету по выполнению лабораторной работы прилагаются:

- 1) схемы устройства нивелиров;
- 2) схема снятия отсчетов по рейке;
- 3) результаты выполнения исследований;
- 4) результаты выполнения поверок нивелиров НЗ и НЗК;
- 5) журнал измерения превышений методом «из середины» и «вперед».

Выполненная лабораторная работа защищает студентами, что обеспечивает допуск их к сдаче модулей и экзамена.

1. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА НИВЕЛИРОВ И РЕЕК

1.1. Изучение устройства нивелиров

Нивелир – геодезический прибор, предназначенный для измерения превышений при горизонтальном луче визирования.

В соответствии с ГОСТ 10528-90 нивелиры по точности подразделяются на следующие группы:

- высокоточные: Н05, $m_h^* = 0,5$ мм на 1 км хода;

* m_h – средняя квадратическая ошибка измерения превышений.

– точные: НЗ, НЗК, $m_h = 3$ мм на 1 км хода;

– технические: Н10, Н10КЛ, $m_h = \pm 10$ мм на 1 км хода.

Литера Н в шифре прибора означает его название – нивелир. Нивелиры имеют модификации, о чем свидетельствуют дополнительные буквы в шифре прибора: К – наличие компенсатора; Л – наличие лимба.

В настоящее время для технического нивелирования применяются точные нивелиры НЗ, НЗК, технический Н10КЛ и их модификации.

В зависимости от способа приведения визирной оси трубы в горизонтальное положение различают нивелиры двух типов:

- 1) нивелиры с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе;
- 2) нивелиры с компенсатором углов наклона.

Уровеньный нивелир НЗ (рис. 1.1) имеет следующие основные части: зрительная труба, цилиндрический уровень, круглый уровень, подставка с тремя подъемными винтами.

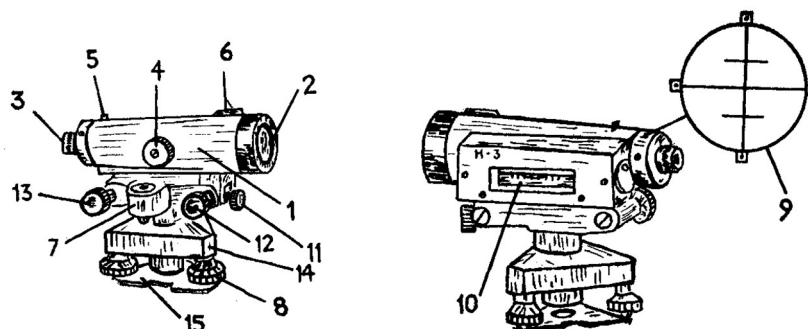


Рис. 1.1. Основные части нивелира НЗ

Зрительная труба 1 нивелира НЗ с внутренней фокусировкой дает обратное изображение предмета. Она состоит из объектива 2, окуляра 3 и сетки нитей 9, которая установлена в окулярном колене и награвирована на специальном стекле.

Для получения резкого изображения предмета вращают кремальеру 4, перемещая тем самым внутри трубы двояковогнутую линзу. Для установки четкого изображения сетки нитей вращают окулярное кольцо. Для быстроты и облегчения визирования на предмет на трубе имеются мушка 5 и целик 6.

Цилиндрический уровень 10 жестко скреплен со зрительной трубой и размещен с левой стороны прибора. Здесь же располагается призматическое устройство, позволяющее передавать изображения концов пузырька уровня в

поле зрения трубы. Если пузырек цилиндрического уровня находится в нуль-пункте, то в поле зрения будут видны совмещенные его концы (рис. 1.2).

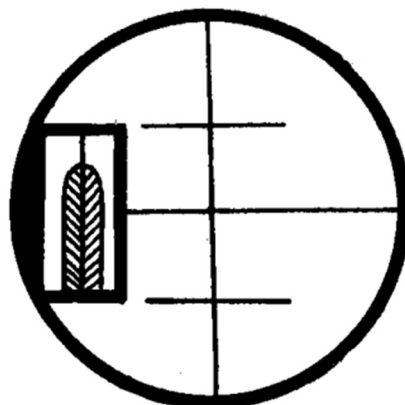


Рис. 1.2. Поле зрения нивелира НЗ.
Сетка нитей и совмещенные концы
пузырька цилиндрического уровня

Юстировка цилиндрического уровня осуществляется четырьмя юстировочными (исправительными) винтами 3, расположенными в специальном гнезде 1, закрываемом крышкой 2 (рис. 1.3).

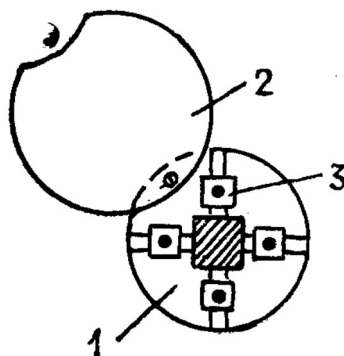


Рис. 1.3. Юстировочные винты
цилиндрического уровня

Закрепительный винт 11 (см. рис. 1.1) служит для фиксирования или вращения нивелира в горизонтальной плоскости. Для точного наведения на рейку служит наводящий винт 12, который работает при закрепленном винте 11.

Элевационный винт 13 предназначен для точного совмещения концов пузырька цилиндрического уровня. Направления вращения элевационного винта для приведения пузырька в нуль-пункт показаны на рис. 1.4.

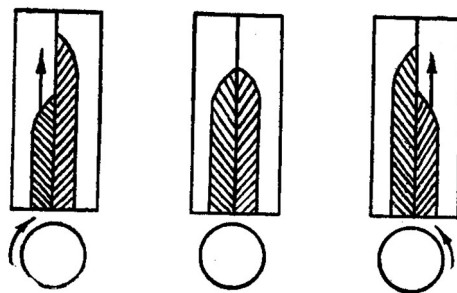


Рис. 1.4. Направления вращения элевационного винта для совмещения концов пузырька цилиндрического уровня

Круглый уровень 7 нивелира НЗ предназначен для предварительной установки прибора в рабочее положение с помощью трех подъемных винтов 8. Он имеет сферическую поверхность 1 (рис. 1.5), центр которой называется нуль-пунктом 2. В нижней части расположены юстировочные 3 и стопорный 4 винты круглого уровня.

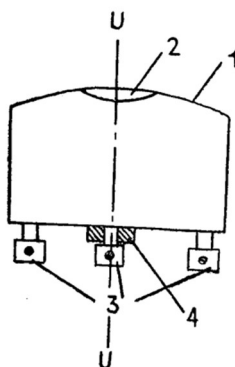


Рис. 1.5. Круглый уровень нивелира НЗ

Подставка 14 (см. рис. 1.1) с тремя подъемными винтами 8 и трегером 15 служит для закрепления нивелира на штативе и последующего приведения его в рабочее положение.

Технические характеристики нивелира НЗ: увеличение зрительной трубы – $30\times$, поле зрения – $1^{\circ}20'$, цена деления круглого уровня – $5'$, цена деления цилиндрического уровня на 2 мм – $15''$, коэффициент дальномера – 100.

Кроме нивелира НЗ в геодезической практике нашли широкое применение нивелиры с компенсаторами. К ним относятся НЗК, Н10КЛ и др. Их применение значительно сокращает затраты на нивелирование.

Нивелир НЗК (рис. 1.6) имеет призмный компенсатор, автоматически приводящий линию визирования в горизонтальное положение при наклоне трубы в пределах $\pm 15'$.

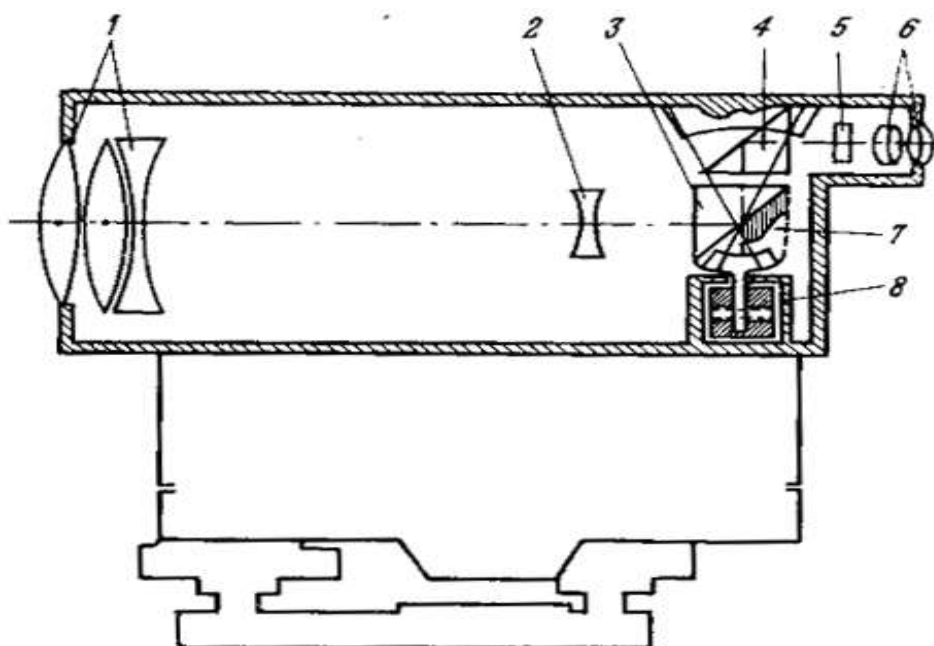


Рис. 1.6. Схема нивелира НЗК

Зрительная труба с внутренней фокусировкой имеет объектив 1, фокусирующую линзу 2, сетку нитей 5 и окуляр 6. Компенсатор состоит из двух прямоугольных призм 3 и 4. Призма 3 подвешена к верхней части корпуса на двух парах скрещивающихся нитей. Колебания компенсатора гасятся демпфером 8 поршневого типа. Компенсатор снабжен ограничителем 7, предохраняющим нити подвески от обрывов.

Прецизионно-передаточный механизм состоит из войлочных прокладок и фиксирует вращение в горизонтальной плоскости без закрепительного винта. Для плавного перемещения в горизонтальной плоскости имеются два наводящих винта прецизионно-передаточного механизма.

Технические характеристики нивелира НЗК: увеличение зрительной трубы – $30\times$, поле зрения – $1,3^\circ$, цена деления круглого уровня – $10'$, коэффициент дальномера – 100.

Нивелир Н10КЛ (рис. 1.7) технический с компенсатором.

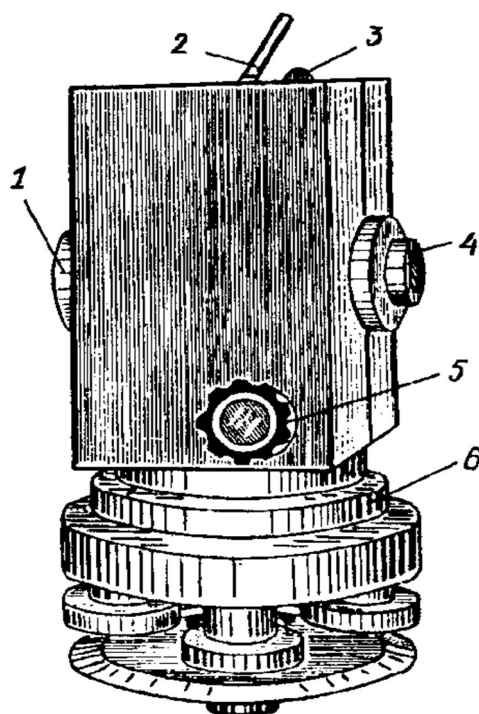


Рис. 1.7. Нивелир Н10КЛ

Зрительная труба нивелира состоит из объектива *1* и окуляра *4*. Фокусирование трубы производится вращением винта *5*. Установка нивелира в рабочее положение производится подъемными винтами по круглому уровню *3* с откидным зеркалом *2*. Визирная ось в горизонтальное положение устанавливается автоматически с помощью компенсатора. Наведение зрительной трубы на рейку выполняется механизмом горизонтальной наводки от руки. Закрепительный и наводящий винты трубы отсутствуют. Нивелир имеет горизонтальный лимб *6* с ценой деления 1° и точностью отсчета $0,1^\circ$. Увеличение зрительной трубы – $20\times$, поле зрения трубы – $1,3^\circ$, цена деления круглого уровня – $10'$, коэффициент дальномера – 100.

В настоящее время наибольшая степень автоматизации геометрического нивелирования достигается при использовании цифровых нивелиров, которые выпускаются только зарубежными фирмами.

Эти приборы являются пассивными. В качестве приемного устройства в них использована ПЗС-матрица (прибор с зарядной связью), устанавливаемая в плоскости изображений, создаваемых зрительной трубой цифрового нивелира.

С помощью ПЗС-матрицы распознается кодовая маска на нивелирной рейке, изображение которой получают с помощью объектива в плоскости сетки нитей и в плоскости чувствительной поверхности ПЗС-матрицы. На рис. 1.8 представлен цифровой нивелир DINI, выпускаемый фирмой Trimble (США).



Рис. 1.8. Нивелир DINI, выпускаемый фирмой Trimble (США)

Цифровой нивелир DINI имеет следующие основные части: 1 – объектив зрительной трубы со светозащитной блендой; 2 – винт фокусировки зрительной трубы; 3 – кнопку пуска; 4 – винт точного наведения по горизонтали (бесконечное медленное вращение); 5 – круг с делениями; 6 – станковые винты; 7 – трегер; 8 – разъем для подключения питания/связи; 9 – панель кнопок; 10 – дисплей; 11 – окошко круглого уровня; 12 – окуляр.

В отличие от традиционных оптических нивелиров, при работе с цифровым нивелиром отсчет производится автоматически с использованием специальных реек и вносится в память прибора.

Цифровые нивелиры фирмы Trimble (США) позволяют выполнять нивелирование с высокой точностью (0,4 мм/1,0 мм на 1 км двойного хода) и сохранять данные измерений во внутренней памяти или на карте памяти через стандартный разъем РСМС1А. Внутренняя память рассчитана на хранение измерений 8000 точек.

Уникальные возможности цифровых нивелиров обеспечивают увеличение производительности на 50 % по сравнению с традиционными оптико-механическими приборами, а также достижение наивысшего уровня точности измерений, что позволяет использовать их для выполнения нивелирных работ всех классов и слежения за деформациями.

Аналогичные технические характеристики имеют цифровые нивелиры и других фирм (Sokkia, Topcon и др.).

1.2. Устройство нивелирных реек

Для производства нивелирования применяются деревянные или пластмассовые шашечные двухсторонние складные рейки длиной 3 м и толщиной 2–3 см, с ценой деления 1 см, с подписью дециметровых делений. Нуль шкалы основной черной стороны совмещен с основанием рейки; на

контрольной красной стороне с основанием совмещен некруглый отсчет (обычно равный 4687 или 4787).

На черных сторонах реек имеются дециметровые надписи 0–29, а на красных сторонах реек одного комплекта – 47–76 и 48–77. Это позволяет контролировать качество отсчетов, правильность чередования реек и правильность записи отсчетов (рис. 1.9).

Для установки реек в отвесное положение их снабжают круглыми уровнями. Рейки могут быть изготовлены с прямой или обратной оцифровкой шкал. Во время работы рейки ставят на башмаки, костыли или деревянные колья.

Классификация нивелирных реек в соответствии с ГОСТ 10528-90 следующая:

РН-05 – нивелирная рейка для высокоточных нивелиров;

РН-3 – нивелирная рейка для точных нивелиров;

РН-10 – нивелирная рейка для технических нивелиров.

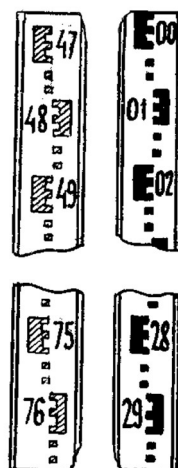


Рис. 1.9. Нивелирные рейки

При работе с цифровыми нивелирами применяют штрихкодовые рейки (рис. 1.10), имеющие шкалу со штрихкодовым рисунком. На лицевой стороне штрихкодовой рейки нанесена растровая шкала чередуемых черных полос и белых промежутков. Их ширина по высоте кодирована. На обратной стороне штрихкодовой рейки, как правило, наносится обычная шашечная E-образная разметка, чтобы в случае необходимости использовать электронный нивелир как оптический.

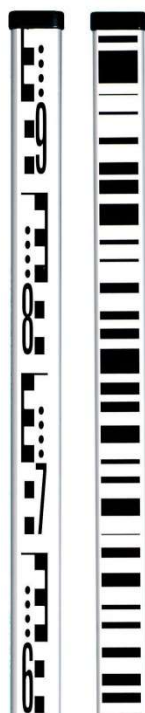


Рис. 1.10. Штрихкодовые рейки

2. УСТАНОВКА НИВЕЛИРА В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ И СНЯТИЕ ОТСЧЕТОВ ПО РЕЙКЕ

Нивелир с помощью станового винта прикрепляют к штативу. С помощью трех подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину.

После установки нивелира по круглому уровню необходимо открепить закрепительный винт и поворачивать нивелир вокруг вертикальной оси до тех пор, пока в поле зрения трубы не будет видно изображение рейки. Вращая окулярное кольцо, добиться резкого изображения сетки нитей. Затем, вращая кремальеру, получить четкое изображение рейки. Перед снятием отсчета по рейке с помощью элевационного винта совместить изображения концов пузырька цилиндрического уровня, видимых в поле зрения трубы. При наведении трубы на рейку надо следить, чтобы вертикальная нить сетки была примерно посередине рейки. Рейка при этом должна быть установлена отвесно.

Отсчет снимают в миллиметрах по средней нити сетки следующим образом. Сначала записывают полные дециметры, затем полные сантиметры и, наконец, доли сантиметров на глаз. На рис. 2.1 отсчет по рейке равен 1448 мм.

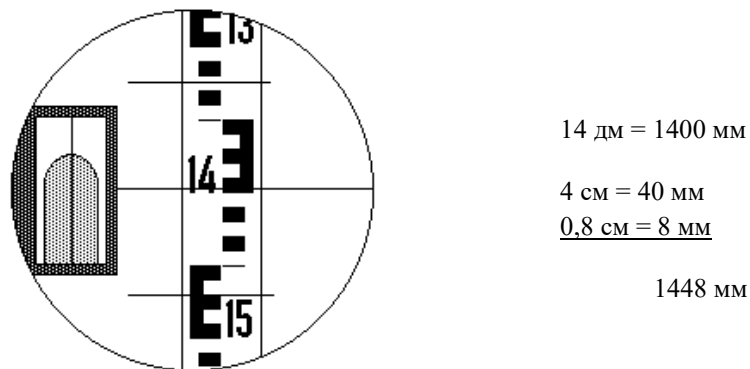


Рис. 2.1. Отсчет по рейке

3. ИССЛЕДОВАНИЯ НИВЕЛИРА НЗ

3.1. Общий осмотр нивелира и реек

Перед началом работы нивелир необходимо тщательно осмотреть. При проведении внешнего осмотра следует обратить особое внимание на наличие механических повреждений (царапины, вмятины на приборе и на упаковочном ящике, трещины на оптических деталях и т. п.), на плавность движения при вращении подъемных, закрепительных и наводящих винтов, на четкость одновременного изображения сетки нитей и концов пузырька цилиндрического уровня (работоспособность фокусирующей системы окуляра и объектива зрительной трубы).

Обязательно проверить устойчивость штатива. В случае необходимости следует подтянуть крепежные винты ножек штатива в шарнирах головки, башмаках.

Необходимо всегда помнить, что к вращающимся частям нивелира не следует прилагать больших усилий.

При внешнем осмотре реек нужно обращать внимание, чтобы все цифры (дециметровые деления) и сантиметровые деления в дециметровых интервалах были хорошо окрашены, не было трещин на рейках. Если рейка складная, то замок должен надежно фиксировать две ее части. Также необходимо проверить качество крепления ручек и наличие металлических основ на пятках.

3.2. Определение цены деления цилиндрического уровня

Это исследование желательно выполнять в полевых условиях в следующем порядке. На расстоянии 40–60 м от нивелира забить два колышка или два колышка. С помощью мерного прибора или нитяного дальномера определить расстояние d от нивелира до рейки (рис. 3.1).

Элевационным винтом переместить пузырек цилиндрического уровня к одному из концов ампулы и взять отсчеты по рейке по средней нити сетки l_1 и по концам пузырька уровня $Л_1, П_1$. Затем, вращая элевационный винт в противоположную сторону, сместить пузырек к другому концу ампулы и снова взять отсчеты $l_2, Л_2$ и $П_2$. Цену деления уровня вычислить по формуле

$$\tau'' = \frac{(l_1 - l_2)\rho''}{n \cdot d}, \quad (3.1)$$

где $\rho = 206265''$;

$l_1 - l_2$ – разность отсчетов по рейке, мм;

n – число делений, на которое сместился пузырек уровня;

d – расстояние от нивелира до рейки, м.

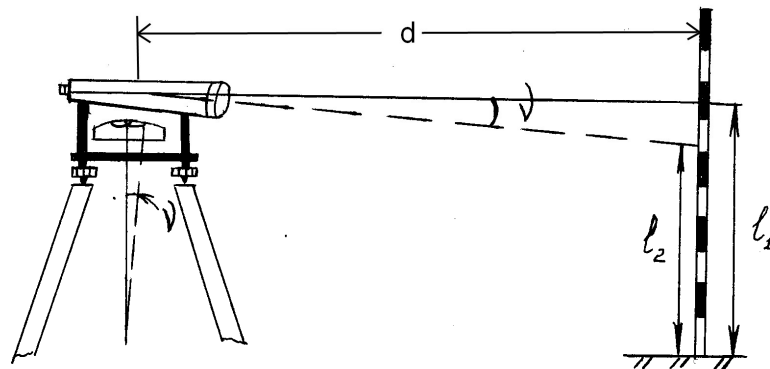


Рис. 3.1. Определение цены деления цилиндрического уровня

Для контроля следует выполнить это исследование еще раз, установив рейку на второй когтыль. Из двух значений τ_1 и τ_2 берут $\tau_{\text{ср}}$, если вычисленные τ_1 и τ_2 расходятся между собой не более чем на 3–4". При недопустимом расхождении измерения следует повторить.

При выполнении этого исследования в аудитории вместо реек лучше использовать зафиксированные в вертикальном положении линейки с миллиметровыми делениями.

Пример определения цены деления цилиндрического уровня нивелира НЗ № 00494 приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1. **Определение цены деления цилиндрического уровня**

| Отсчеты по рейке | Отсчеты по концам пузырька уровня в делениях | | Длина пузырька в делениях П-Л |
|------------------|--|------------|-------------------------------|
| | Левый (Л) | Правый (П) | |
| 1210 | 2,0 | 20,0 | 18,0 |
| 1214 | 7,0 | 25,2 | 18,2 |
| 4 | $n = 5$ | $n = 5,2$ | |

$$n_{\text{ср}} = 5,1; \quad \tau'' = \frac{4 \cdot 206265''}{5,1 \cdot 10000} = 16'',1 \quad \text{при } d = 10 \text{ м.}$$

3.3. Определение увеличения зрительной трубы нивелира

Увеличение зрительной трубы v^x определяется в такой последовательности. Нивелир устанавливают по круглому уровню и визируют на рейку на расстоянии 3–4 м от прибора. Снимают отсчеты n_1 и n_2 по рейке по верхней и нижней горизонтальным нитям сетки. После этого те же нити проектируют на рейку невооруженным глазом и снимают отсчеты m_1 и m_2 (рис. 3.2).

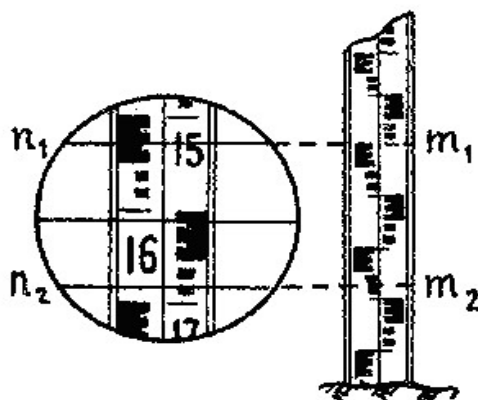


Рис. 3.2. Определение увеличения зрительной трубы

Увеличение вычисляют по формуле

$$v^x = \frac{m_1 - m_2}{n_1 - n_2}. \quad (3.2)$$

Пример определения увеличения зрительной трубы v^x показан в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Определение увеличения зрительной трубы нивелира НЗ

| № определения | Отсчеты, мм | | | | v^x | v^x_{cp} |
|---------------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | n_1 | n_2 | m_1 | m_2 | | |
| 1 | 1298 | 1271 | 1560 | 1010 | 20,4 | 20,8 |
| 2 | 1355 | 1328 | 1630 | 1058 | 21,2 | |

Расхождение между двумя определениями не должно превышать 3^x .

Для контроля следует выполнить определение увеличения зрительной трубы вторым способом. Наблюдая одновременно двумя глазами, одним непосредственно на рейку, а другим в трубу, сосчитать число делений, видимое невооруженным глазом, которое проектируется на одно деление рейки, видимое в трубу (рис. 3.3). Это число должно соответствовать значению увеличения v^x зрительной трубы.

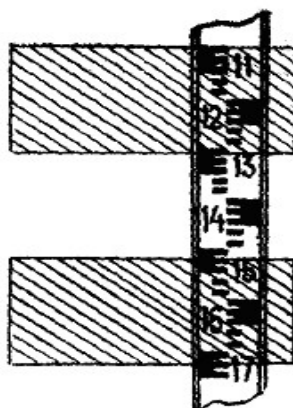


Рис. 3.3. Определение увеличения зрительной трубы вторым способом

3.4. Исследование компенсатора

3.4.1. Определение степени компенсации углов наклона

Установить нивелир посередине между рейками (в полевых условиях расстояние между рейками берут равным 100 м). Определить превышение на станции пятью приемами при положениях пузырька круглого уровня, показанных на рис. 3.4.

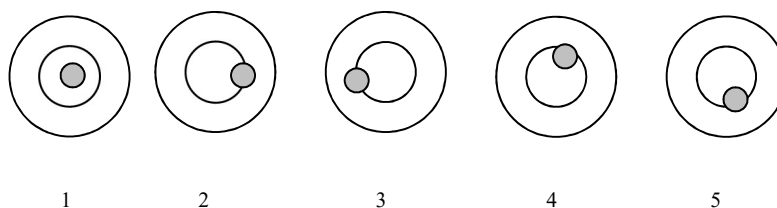


Рис. 3.4. Положения пузырька круглого уровня при исследовании компенсатора

Если средние значения превышений, полученных при положениях пузырька уровня 2, 3, 4, 5, отличаются от среднего значения, полученного при положении пузырька 1, более чем на 5 мм, прибор подлежит юстировке в заводских условиях. Результаты исследований поместить в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Определение степени компенсации углов наклона

| Положение пузырька уровня | Отсчеты по рейкам, мм | | Превышения h , мм | | $h_1 - h_2$ |
|---------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|---------|-------------|
| | задние | передние | по черной и красной сторонам рейки | средние | |
| 1 | 1020 | 0810 | +210 | | |
| | 5707 | 5495 | +212 | +211 | 0 |
| 2 | 1021 | 0811 | +210 | | |
| | 5707 | 5496 | +211 | +210,5 | -0,5 |
| 3 | 1019 | 0811 | +208 | | |
| | 5706 | 5496 | +210 | +209 | -2 |
| 4 | 1019 | 0810 | +209 | | |
| | 5705 | 5494 | +211 | +210 | -1 |
| 5 | 1022 | 0809 | +213 | | |
| | 5709 | 5496 | +213 | +213 | +2 |

3.4.2. Определение диапазона и качества работы компенсатора

Исследования сводятся к установлению небольших продольных и боковых наклонов нивелира, при которых визирная ось практически остается горизонтальной. Выполнить это исследование с помощью нивелирной рейки. Пузырек круглого уровня нивелира тщательно привести на середину. Взять отсчет по рейке по средней нити. Глядя в трубу и действуя подъемным винтом, расположенным по направлению к трубе, придать нивелиру продольный наклон до резкого изменения отсчета по рейке (>2 мм), которое свидетельствует о прекращении работы компенсатора. В этот момент колебание сетки нитей не наблюдается, так как чувствительный элемент компенсатора перестает действовать.

В данном положении фиксируется предельный продольный наклон (объектив вверх). Измерить отклонение пузырька круглого уровня от нуля-пункта миллиметровой линейкой. Для НЗК цена деления установочного уровня на 1 мм равна $5'$. Умножив число миллиметровых делений на $5'$, получим величину предельного угла наклона нивелира, при котором компенсатор еще работает.

Диапазон действия компенсатора при обратном продольном наклоне (объектив вниз) и боковых наклонах определяется тем же методом. При этом наклон задается соответствующими подъемными винтами.

4. ПОВЕРКИ НИВЕЛИРА НЗ

4.1. Основные оси нивелира

Основными осями нивелира являются (рис. 4.1): ось цилиндрического уровня (HH_1); визирная ось зрительной трубы (VV_1); вертикальная ось вращения (ZZ_1); ось круглого уровня (KK_1).

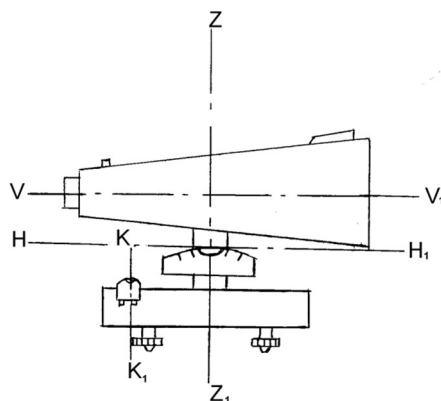


Рис. 4.1. Оси нивелира НЗ

Осью цилиндрического уровня HH_1 называется касательная к внутренней поверхности ампулы уровня в точке нуль-пункта.

Визирная ось зрительной трубы VV_1 – это прямая, соединяющая заднюю главную точку объектива зрительной трубы с перекрестием сетки нитей.

Отвесная линия ZZ_1 , проходящая через центр вращения нивелира, называется осью вращения нивелира.

Осью круглого уровня KK_1 называется нормаль к сферической поверхности ампулы, проходящая через нуль-пункт.

4.2. Проверка круглого уровня

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Проверка выполняется в такой последовательности. Три подъемными винтами приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают нивелир на 180° вокруг вертикальной оси. Если пузырек остался на середине в пределах concentрических окружностей, условие выполнено. В противном случае, ослабив стопорный винт 4 и действуя исправительными винтами уровня 3 (см. рис. 1.5), перемещают пузырек в направлении к нуль-пункту на половину дуги отклонения, а затем подъемными – в нуль-пункт. После этого нивелир вновь поворачивают на 180° и при необходимости повторяют исправления. Проверку заканчивают, когда при вращении нивелира вокруг вертикальной оси пузырек остается в нуль-пункте. После чего стопорный винт зажимают.

4.3. Поверка сетки нитей

Вертикальный штрих сетки нитей должен быть параллельным оси вращения нивелира. В лабораторных условиях поверку выполняют следующим образом. В 5–7 м от нивелира подвешивают отвес. Затем наводят крест сетки нитей на нить отвеса. Если при этом вертикальный штрих сетки совпадает с нитью отвеса, условие выполнено. В случае если один из концов вертикального штриха отходит от нити отвеса на величину более чем 0,5 мм, то необходимо исправить установку сетки нитей. Для этого отвинчивают защитный колпачок сетки и ослабляют с помощью отвертки винты, скрепляющие сетку с корпусом зрительной трубы (см. рис. 1.1). Затем сетку поворачивают в нужную сторону до совпадения вертикального штриха с изображением нити отвеса. После юстировки следует зажать винты и поставить на место защитный колпачок.

4.4. Поверка главного геометрического условия

Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня. Поверка может быть выполнена одним из двух нижеприведенных способов (целесообразно выполнять в полевых условиях):

1-й способ. Двойное нивелирование по способу «вперед» линии AB длиной 60–80 м, точки которой должны быть надежно закреплены по возможности на ровной местности костылями или колышками.

Нивелир устанавливают окуляром над точкой A (рис. 4.2, *a*). В точке B устанавливают рейку. Подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. С помощью рулетки или нивелирной рейки измеряют высоту нивелира i_1 . Высота прибора измеряется в миллиметрах от центра окуляра зрительной трубы до костыля или колышка. Наводят нивелир на рейку и элевационным винтом устанавливают пузырек цилиндрического уровня на середину. Снимают по средней нити сетки отсчет b_1 . Меняют местами нивелир и рейку и выполняют аналогичные действия, т. е. измеряют i_2 и берут отсчет b_2 (рис. 4.2, *б*).

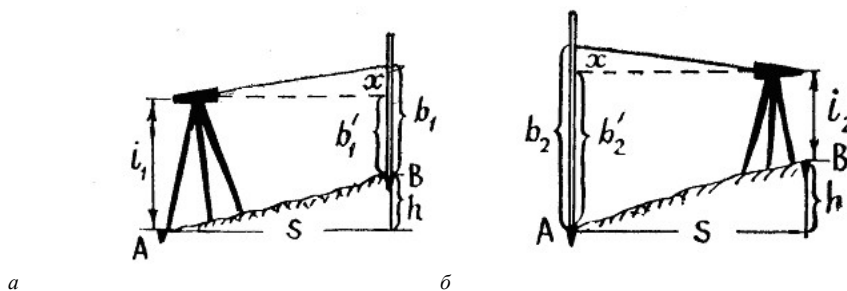


Рис. 4.2. Схема выполнения главной поверки нивелира первым способом

Вычисляют ошибку x положения визирной оси зрительной трубы по формуле

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}. \quad (4.1)$$

Если ошибка $x > 5$ мм, то выполняют юстировку нивелира в следующей последовательности.

1. Вычисляют при второй установке нивелира правильный отсчет по рейке

$$b_2' = b_2 - x. \quad (4.2)$$

2. Вращением элевационного винта устанавливают на рейке отсчет, равный вычисленному b_2' . В этом случае пузырек цилиндрического уровня сойдет с середины.

3. С помощью шпильки, слегка ослабив боковые исправительные винты, вращают вертикальные винты цилиндрического уровня (см. рис. 1.3) до точного совмещения изображения его концов. Для контроля поверку повторяют.

Результаты измерений и вычислений заносят в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Поверка главного геометрического условия нивелира НЗ

| Точка стояния нивелира | Высота нивелира i , мм | Отсчеты по рейке b , мм | Вычисления |
|------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| А | 1440 | 1744 | $x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} = -15 \text{ мм}$ $b_2' = 1170 - (-15) = 1185 \text{ мм}$ |
| В | 1489 | 1170 | |

2-й способ. Поверка выполняется двойным нивелированием линии AB из середины.

Нивелир устанавливают точно посередине между рейками, находящимися друг от друга на расстоянии 60–80 м (рис. 4.3, а). С помощью круглого уровня прибор приводят в рабочее положение. Затем последовательно визируют на рейку в точке A и рейку в точке B и берут отсчеты a_1 и b_1 , предварительно совместив концы цилиндрического уровня с помощью элевационного винта. Затем вычисляют превышение h_1 по формуле

$$h_1 = a_1 - b_1. \quad (4.3)$$

Оно будет правильным, так как оба отсчета искажены на одну и ту же величину x (рис. 4.3, а). Затем нивелир переносят к одной из реек,

устанавливают его на расстоянии около 2,5 м (рис. 4.3, б) и приводят в рабочее положение по круглому уровню, а затем вновь берут отсчеты a_2 и b_2 , приведя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт элевационным винтом.

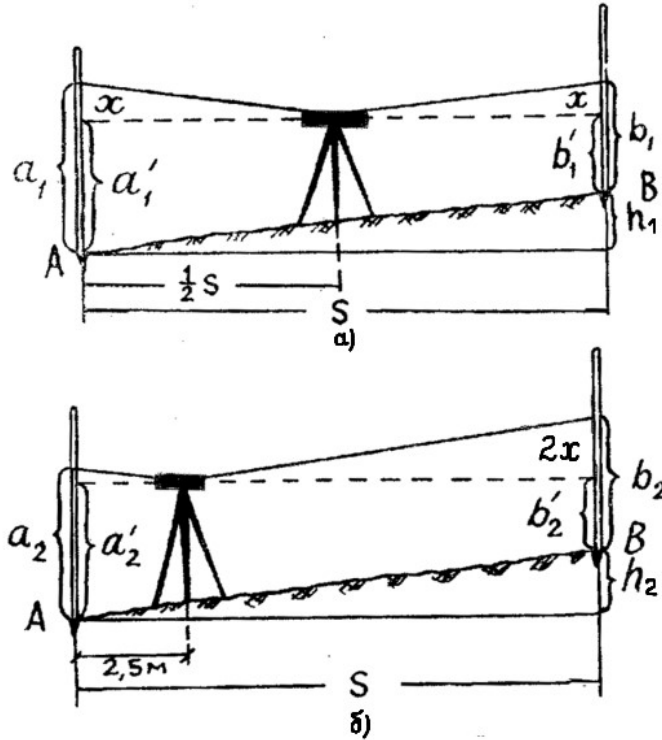


Рис. 4.3. Схема выполнения главной поверки нивелира вторым способом

Вычисляют превышение h_2 по формуле

$$h_2 = a_2 - b_2.$$

Затем подсчитывают ошибку $2x$:

$$2x = h_2 - h_1. \quad (4.4)$$

Если величина $2x$ не превышает 5 мм, главное условие выполнено. В противном случае вычисляют правильный отсчет по рейке в точке B:

$$b_2' = b_2 - 2x. \quad (4.5)$$

Юстировку нивелира осуществляют аналогично 1-му способу. Вычисления и расчеты приводят в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Поверка главного геометрического условия нивелира НЗ

| Установка нивелира | Отсчеты по рейкам в точках, мм | | Превышения, мм | | Вычисления, мм |
|----------------------------|--------------------------------|------|------------------------------------|----------|--|
| | А | В | по черной и красной сторонам рейки | средне е | |
| Посередине (между рейками) | 1720 | 1210 | +510 | +511 | $h_1 = +511$ $h_2 = +517$ $2x = +6$ |
| | 6422 | 5010 | +512 | | |
| В 2,5 м от рейки | 4702 | 4700 | | +517 | $b_2' = b_2 - 2x$ $=$ $= 1017 - 6 =$ 1011 |
| | 1533 | 1017 | +516 | | |
| | 6236 | 5718 | +518 | | |
| | 4703 | 4701 | | | |

4.5. Поверки нивелиров с компенсаторами

Две первые поверки выполняются так же, как и для нивелира НЗ. Третья поверка читается таким образом. В пределах работы компенсатора визирная ось зрительной трубы должна занимать горизонтальное положение. Выполняется аналогично главной поверке НЗ. Исправление выполняется следующим образом. Пузырек круглого уровня приводят в нуль-пункт, затем вертикальными исправительными винтами сетки нитей наводят горизонтальную нить на отсчет b_2' .

5. ИЗМЕРЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ

Превышения с помощью нивелиров измеряются двумя основными способами: 1) из середины и 2) вперед. Нивелирные рейки в обоих случаях устанавливаются только лишь на фиксированных точках (реперах, костылях, башмаках и т. п.), между которыми определяется превышение. При первом способе нивелир устанавливается посередине между измеряемыми точками (не обязательно в створе). Равенство расстояний от нивелира до реек определяется на глаз (при техническом нивелировании). Предельная длина визирного луча для технического нивелирования принимается равной 150 м.

На станции нивелир приводится в рабочее положение по круглому уровню. При снятии отсчетов по рейке пузырек цилиндрического уровня должен быть приведен в нуль-пункт с помощью элевационного винта.

Рейка в процессе снятия отсчета должна удерживаться строго в вертикальном положении. Поэтому ее следует покачивать в вертикальной плоскости. Наименьший отсчет будет соответствовать вертикальному положению рейки.

При техническом нивелировании работа на станции выполняется в такой последовательности:

1. Зрительную трубу наводят на заднюю рейку и берут отсчет по черной стороне $a_ч$, а затем – по красной $a_к$.

2. Вычисляют разность $a_к - a_ч$, которая должна быть равна постоянной пятке рейки – разности начала отсчетов по обеим сторонам данной рейки (4700).

3. Наводят зрительную трубу на переднюю рейку и делают аналогичные отсчеты.

4. Вычисляют разность $b_к - b_ч$ аналогично п. 2. Расхождение разностей не должно превышать 4 мм. Дважды определяют превышение по черной h_1 и красной h_2 сторонам рейки:

$$h_1 = a_ч - b_ч,$$

$$h_2 = a_к - b_к.$$

Расхождение в превышениях не должно превышать 5 мм.

Все записи и вычисления производят в журнале нивелирования (табл. 5.1), на каждой странице которого выполняют постраничный контроль по формуле

$$\Sigma Z - \Sigma П = \Sigma h = 2\Sigma h_{ср}, \quad (5.1)$$

где $\Sigma Z, \Sigma П$ – суммы отсчетов на заднюю, переднюю рейки;

Σh – сумма превышений;

$\Sigma h_{ср}$ – сумма средних превышений.

Таблица 5.1. Журнал геометрического нивелирования

Дата 25.02.2016

Наблюдал Иванов И. И.

Записывал Петров П. П.

| № станции | № пикетов | Отсчеты по рейкам | | Превышения | |
|-----------------------|-----------|-------------------|----------------|-----------------|------------------|
| | | задние | передние | вычисленные, мм | средние, мм |
| 1 | A | 1622 | 1206 | +416 | |
| | B | 6406 | 5988 | +418 | +417 |
| | | 4784 | 4782 | | |
| 2 | B | 1924 | 1738 | +186 | |
| | C | 6708 | 6521 | +187 | +186,5 |
| | | 4784 | 4783 | | |
| 3 | C | 2657 | 2836 | -179 | |
| | D | 7442 | 7618 | -176 | -177,5 |
| | | 4785 | 4782 | | |
| 4 | D | 1852 | 1185 | +667 | |
| | E | 6635 | 5969 | +666 | +666,5 |
| | | 4783 | 4784 | | |
| Постраничный контроль | | Σ 35246 | Σ 33061 | Σ +2540 | Σ +1270 |
| | | | | Σ -355 | Σ -177,5 |
| | | | | Σ +2185 | Σ +1095,5 |