



# Приборы, применяемые при высокоточном нивелировании

## **5. Классификация нивелиров и требования, предъявляемые к ним.**

Нивелиры по точности разделяются на три группы:

1. Высокоточные – для определения превышений со средней квадратической погрешностью не более 0,5 мм на 1 км двойного хода.
2. Точные – для определения превышений со средней квадратической погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода.
3. Технические – для определения превышений со средней квадратической погрешностью не более 10 мм на 1 км двойного хода.

По конструкции нивелиры делятся на две группы:

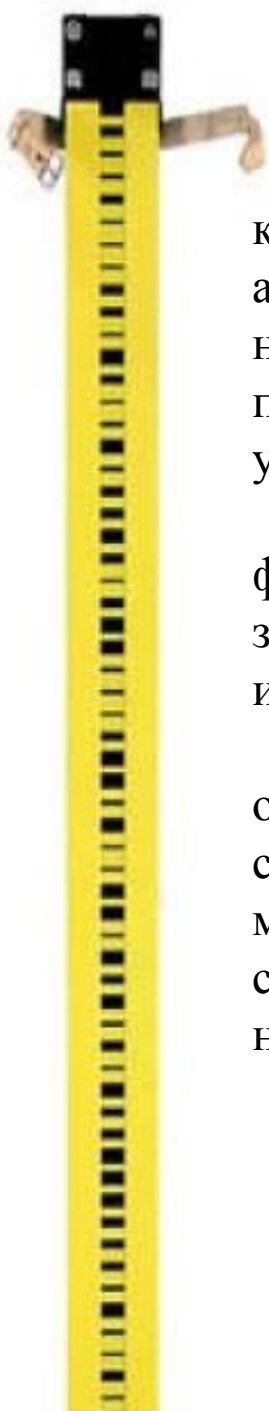
1. Нивелиры с уровнями.
2. Нивелиры с компенсаторами.

В настоящее время используются огромное множество разнообразных нивелиров, однако их по прежнему делят на:

1. Высокоточный Н-05, предназначенный для нивелирования I и II классов.
2. Точный Н-3 – для нивелирования III и IV классов.
3. Технический Н-10, НТ – для нивелирования, проводимого для обеспечения топографических съемок и инженерно-геодезических изысканий в строительстве.

Действующие нормативы предусматривает следующие основные параметры для точных нивелиров:

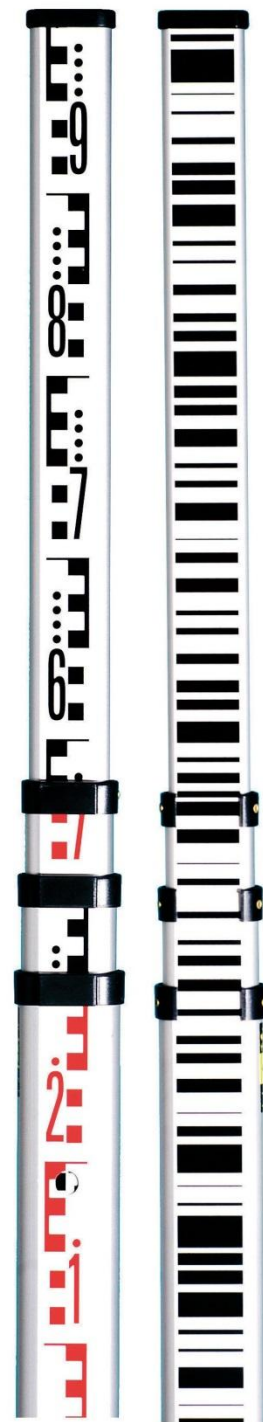
1. Средняя квадратическая ошибка превышения на станции не более 2 мм при расстоянии от нивелира до реек 100 м.
2. Увеличение зрительной трубы не менее  $30^{\times}$ .
3. Наименьшее расстояние визирования не более 2 м.
4. Коэффициент нитяного дальномера  $100 \pm 1 \%$ .
5. Цена делений уровней на 2 мм дуги:
  - установочного  $10' \pm 2'$ ;
  - уровня при трубе  $15'' \pm 1,5''$ .
6. Масса нивелира не более 3 кг.



С развитием электроники появились цифровые нивелиры. Цифровые нивелиры являются нивелирами компенсаторного типа, поэтому они относятся к категории автоматических нивелиров. В отличие от оптико-механических нивелиров измерение обрабатывается электронным способом, поэтому оператор может работать быстрее, затрачивая меньше усилий.

Другим преимуществом такой системы является простота функционирования, отсутствие погрешностей считывания и записи, автоматическое вычисление высот точек во время измерения и регистрация данных.

Принцип измерения цифровым нивелиром основан на обработке закодированного сигнала измерения, считываемого со штрих-кодовой рейки. На основании измеренного сигнала микропроцессор вычисляет показания рейки и соответствующее горизонтальное расстояние между рейкой и нивелиром.



# Поверки и исследования нивелиров

Нивелир как прибор для определения превышений должен удовлетворять ряду механико-технологических и геометрических условий.

Главными механико-технологическими условиями, которым должны удовлетворять точные нивелиры, являются свободное, плавное и правильное перемещение всех подвижных частей прибора; жесткость и прочность конструкции, обеспечивающей постоянство взаимного расположения его рабочих частей; надежность и устойчивость прибора при полевой эксплуатации; высококачественное изготовление уровней, точное и четкое нанесение сеток нитей; обеспечение заданных параметров зрительной трубы и оптического компенсатора; герметичность конструкции и т.д.

Каждый прибор, как обычно, сначала подвергается внешнему осмотру. При этом обращается внимание на плавность вращения подъемных и наводящего винтов, на плавность и легкость вращения верхней части нивелира, перемещение фокусирующей линзы, чистоту оптики, четкость изображения сетки нитей и т.д.

Как и любой точный прибор нивелир раз в год обязан подвергаться проверке в Белорусском государственном институте стандартизации и сертификации (БелГИСС).

Кроме этого перед началом работ и не реже чем раз в неделю необходимо выполнять основные поверки нивелира.

Поверке подлежат следующие геометрические условия, которым должно удовлетворять взаимное расположение частей нивелира:

1. Ось установочного (круглого) уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

2. Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

3. Визирный луч в нивелире с компенсатором, установленном в рабочее положение, должен занимать горизонтальное положение.

*У нивелиров с компенсатором угол  $i$  – это угол между горизонтальной плоскостью и визирной осью трубы.*

Определение угла  $i$  нивелира следует проводить одним из следующих способов:

- 1) нивелированием вперед;
- 2) нивелированием из середины в сочетании с нивелированием вперед;
- 3) нивелированием с различными плечами.

Количество приемов измерений в любом способе должно быть не менее трех. Окончательное значение угла  $i$  не должно превышать 10" для всех типов нивелиров.

Способ нивелирования вперед основан на принципе двойного нивелирования двух точек 1 и 2, закрепленных на местности колышками или кольями на расстоянии  $(50 \pm 10)$  м (рис. 1.2).

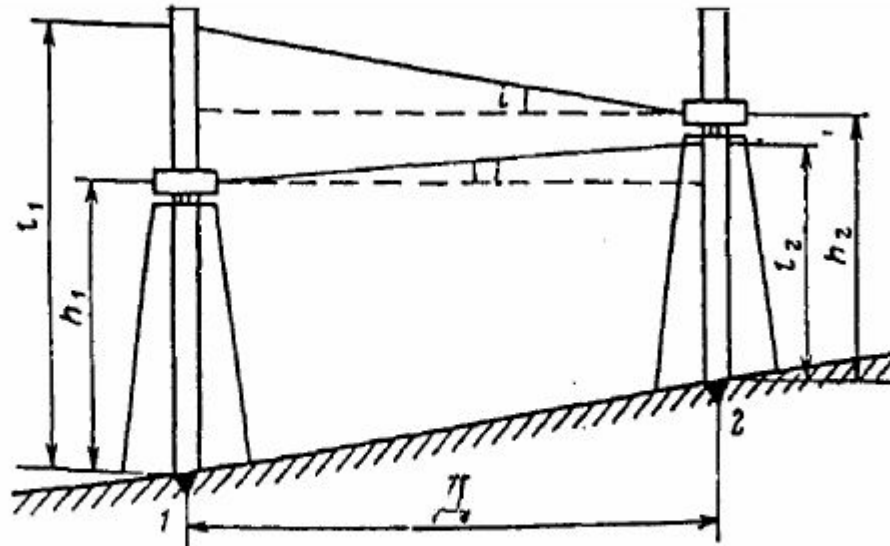


Рис. 1.2. Взаимное расположение нивелира и реек при определении угла  $i$  по способу нивелирования вперед

Нивелир устанавливают над одной из точек, приводят его в рабочее положение, измеряют рулеткой высоту  $h_1$  визирной оси трубы над точкой 1 с точностью до 1 мм и берут отсчет  $l_2$  по рейке, установленной в точке 2. Меняют местами нивелир и рейку, повторяют описанные выше действия, получают высоту  $h_2$  и отсчет  $l_1$ .

Значение угла  $i$  вычисляют по формуле

$$i = \frac{[(l_1' - l_2') - (l_1 - l_2)] \rho}{D} = \frac{h' - h}{D} \rho. \quad (1.27)$$

где  $D$  – расстояние между точками 1 и 2.

Угол  $i$  по способу нивелирования из середины в сочетании с нивелированием вперед определяют в такой последовательности. Линию длиной 40 – 60 м закрепляют кольями, на которых устанавливают рейки в точках 1 и 2 (рис. 1.3).

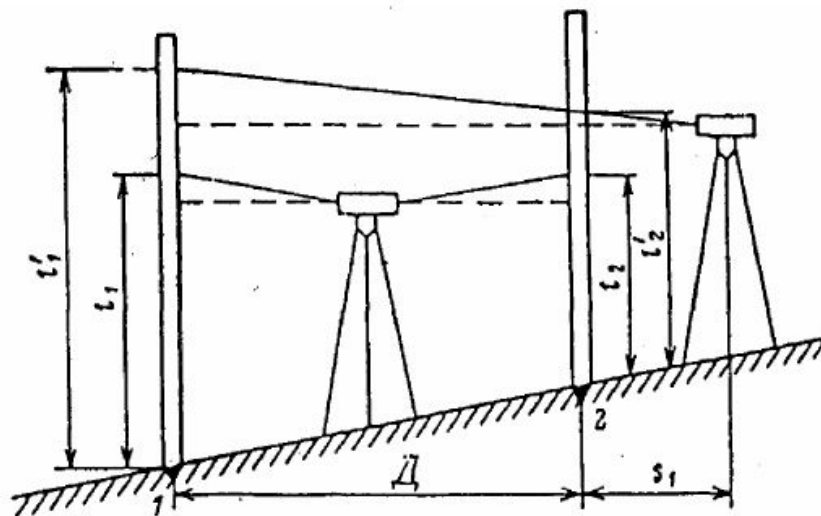


Рис. 1.3. Взаимное расположение нивелира и реек при определении угла  $i$  по способу нивелирования из середины в сочетании с нивелированием вперед

Нивелир устанавливают между точками 1 и 2 на равном расстоянии от них и приводят в рабочее положение, берут отсчеты по рейкам  $l_1$  и  $l_2$ . Переносят нивелир в точку, удаленную от точки 2 на 5 – 10 м, и берут отсчеты  $l'_1$  и  $l'_2$ . Значение угла  $i$  вычисляют по формуле

$$i = \frac{\left[ (l'_1 - l'_2) - (l_1 - l_2) \right] \rho}{D} = \frac{h' - h}{D} \rho. \quad (1.27)$$



При третьем способе определения угла  $i$  (нивелирование с различными плечами) линию длиной  $(50 \pm 10)$  м закрепляют колышками и определяют превышение между ними с двух станций. Нивелир устанавливают на расстоянии 3 – 5 м от рейки на продолжении створа 1 – 2 (рис. 1. 4).

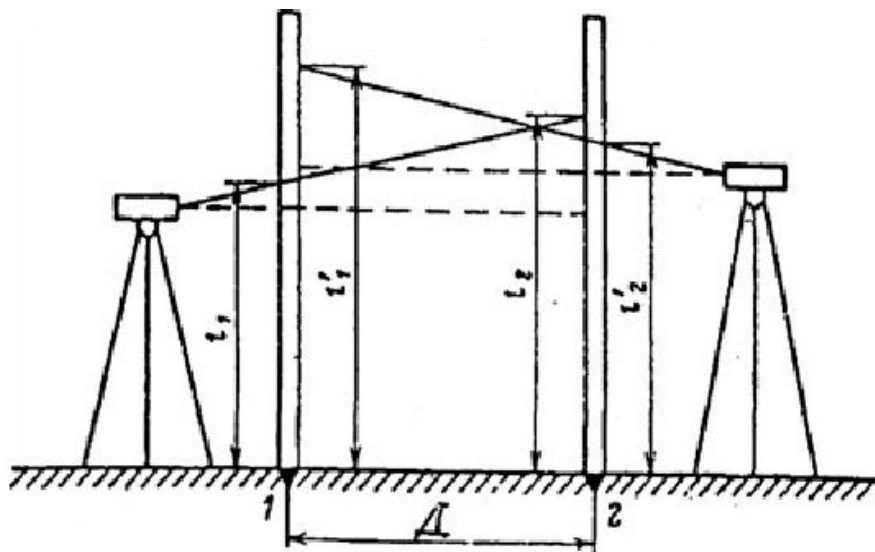
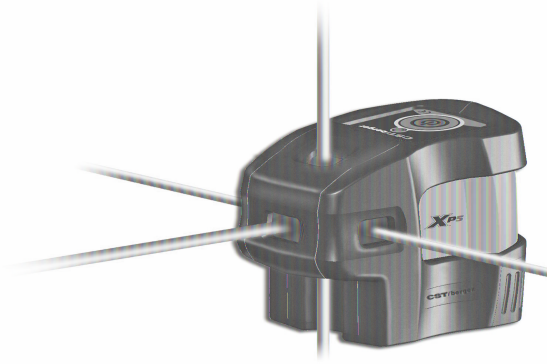


Рис. 1.4. Взаимное расположение нивелира и реек при определении угла  $i$  по способу нивелирования с разными плечами

Производят отсчет  $l_1$  по ближайшей рейке и, изменив фокусировку трубы, производят отсчет  $l_2$  по дальней рейке. Сохраняя фокусировку трубы, устанавливают нивелир на расстоянии 3 – 5 м от второй рейки на продолжении створа 2 – 1. Производят отсчеты  $l_1'$  по дальней рейке и  $l_2'$  по ближней рейке. Угол  $i$  вычисляют по формуле

$$i = \frac{(l_2' + l_1') - (l_2 + l_1)}{2D} \rho \quad (1.28)$$

## 6. Лазерные нивелиры



Лазерным нивелиром или лазерным уровнем, называется оптический прибор, позволяющий быстро и с высокой точностью строить горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости. Некоторые такие инструменты еще имеют функцию отвеса и позволяют отмерять углы в 90 и 45 градусов.

В отличие от оптического нивелира при работе с лазерным достаточно одного человека, а в отличие от уровня, отвеса или гидроуровня работа с лазерным уровнем быстрее и нагляднее. Применение этого класса приборов позволяет выполнять такие операции, как монтаж оборудования в цехах, определение горизонтальности поверхности, вынос проектной отметки, создание линии заданного уклона иногда в разы быстрее и проще. Ведь вы всегда видите луч и ориентируетесь по нему.

Очень широкое распространение лазерный нивелир получил при строительстве тоннелей и линейных сооружений. С его помощью удалось добиться частичной автоматизации процесса.

Как и в случае с оптическими приборами, лазерные нивелиры подразделяются на несколько категорий в зависимости от типа выполняемых работ:

**Ротационный нивелир.** Этот аппарат оборудован вращающейся на скорости 600 оборотов в минуту головкой с двумя лазерами. За счет этого появляется возможность проецировать лучи на 360 градусов. При необходимости скорость можно изменить, чтобы добиться большей четкости лучей.

**Точечный нивелир.** Его особенность заключается в том, что на поверхность проецируются только точки. Лазер двигается в вертикальной и горизонтальной плоскости.

**Линейный нивелир.** При его включении появляется отлично просматриваемая линия луча, в соответствии с которой можно быстро и легко делать отметки.

**Комбинированный нивелир.** Среди ключевых особенностей данного класса аппаратуры можно выделить проецирование до шести ортогональных линий: отвесную, наклонную, линии вниз, вверх, вправо и влево. Лазер при этом работает как линейно, так и точечно. Совмещение функций нескольких приборов сказалось и на цене нивелира, который стоит несколько дороже прочих аналогов.

**Построители плоскостей.** Еще один вид довольно дорогих приборов, которыми пользуются обычно профессиональные геодезисты. С их помощью можно определить точки зенита на поверхности, спроектировать линии по диагонали, вертикали, горизонтали, а также определить разницу высот различных предметов. Нивелиры, оборудованные лазерным излучателем, нашли применение в построении перпендикулярных линий.

Исходя из целей использования прибора задаются техническими характеристиками. Для бытового нивелира дальность может составлять от 10 до 40 метров. Этого достаточно, чтобы выполнять работы внутри помещений и определять horizontали фундамента. Дальность профессиональных аппаратов значительно больше, она достигает 100 метров и больше. В некоторых моделях предусмотрена возможность установки дополнительных приемников, изменяющих диапазон расстояний до 600 метров.

Большое значение также имеет длина волны и количество лучей. В зависимости от вида техники число проекций достигает пяти. От этого параметра зависит спектр возможностей при монтаже и проектировке конструкций. Как правило, используются лучи с длиной волны 635 нанометров. Человеческий глаз вполне способен увидеть данный луч и идентифицировать его как красный. Однако некоторые приборы работают с другими частотами, видимый свет при которых приобретает более удобный для зрения зеленый оттенок. Но стоимость таких устройств несколько выше.

Следующей характеристикой является погрешность. Наиболее точные устройства с погрешностью, не превышающей 0,3 мм. В некоторых моделях имеются встроенные датчики самовыравнивания или компенсаторы.

Некоторые аппараты подвержены влиянию погоды. Этот фактор имеет значение в том случае, если измерения будут проводиться зимой в минусовую температуру. В таких случаях необходимо отдавать предпочтение электронной технике, исправно работающей при температурах от -20 до +40 градусов по шкале Цельсия.