

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 26.06.2025 15:49:47
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fc875d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Рязанский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

«Московский политехнический университет»

Кафедра «Архитектура и градостроительство»

Е.С. Моховиков, С.В. Моховиков

**НИВЕЛИРЫ.
УСТРОЙСТВО И ПОВЕРКИ**

Методическое пособие

Библиотека
Рязанского института (филиала)
Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, д. 26/53

Рязань
2017

УДК 528
ББК 26.12
М 86

Рецензент

Член международного союза архитекторов Асланян А.В.

М 86 Моховиков Е.С. Нивелиры. Устройство и поверки: методическое пособие предназначено для освоения всех видов нивелиров, использующихся в учебном процессе на базе института / Е.С. Моховиков, С.В. Моховиков – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2017. – 40 с.

Методическое пособие содержит описание нивелиров, их устройство, поверки, принцип работы приборов. Позволяет привить навыки работы с инструментом. Пособие рекомендовано для практических работ по дисциплинам «Геодезия», «Инженерная геодезия» на тему «Инженерно-техническое нивелирование».

Пособие предназначено для направлений: 07.03.01 «Архитектура», 08.03.01 «Строительство», 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 528
ББК 26.12

© Моховиков Е.С., Моховиков С.В., 2017
© Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета, 2017

Содержание

1	Введение	- 4 -
2	Штативы	- 5 -
3	Нивелирные рейки	- 8 -
4	Уровни	- 11 -
5	Виды нивелиров	- 13 -
5.1	Нивелир Н-3	- 14 -
5.2	Нивелир 3Н-5Л.....	- 17 -
5.3	Нивелир Н-3К.....	- 19 -
5.4	Нивелир SOKKIA.....	- 22 -
5.5	Лазерный нивелир «Лимка-Горизонт»	- 24 -
6	Поверки и юстировки нивелиров	- 27 -
7	Другие виды нивелиров	32
7.1	Цифровые нивелиры	- 32 -
7.2	Ротационные лазерные нивелиры и построители плоскостей	- 34 -
7.2.1	Ротационные лазерные нивелиры	- 35 -
7.2.2	Лазерные построители плоскостей	- 36 -
7.3	Гидростатические нивелиры	- 37 -
8	Список используемых источников.....	39

1 Введение

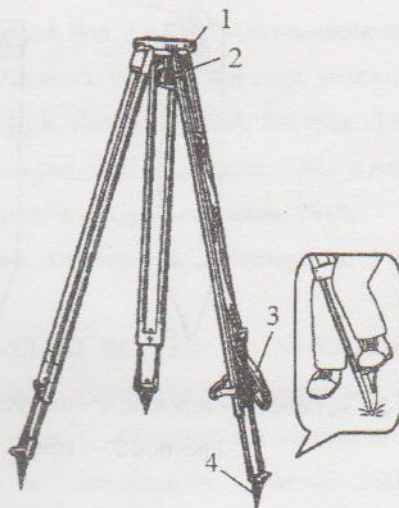
Для выполнения геодезических работ и геодезического обеспечения строительства, используют различные приборы. Геодезические инструменты являются точными оптико-механическими приборами. Выполнение геодезических работ любого уровня и назначения требует от исполнителя навыков работы с приборами, знаний устройства и методики выполнения проверок.

Настоящие методические указания предназначены для студентов строительных специальностей, позволяет ознакомиться с устройством, назначением и принципом работы основных современных геодезических приборов используемых в учебном процессе, привить навыки работы с приборами (взятие отсчетов, приведение приборов в работоспособное положение, а так же, в случае необходимости, выполнение в полевых условиях юстировок приборов). Наиболее важным является умение применять навыки работы с приборами к решению нестандартных прикладных геодезических задач возникающих при производстве работ. Для этого необходимы идеальные знания устройства приборов и методов работы с ними.

При обращении с любыми геодезическими приборами необходимо помнить, что данные инструменты являются крайне хрупкими и чувствительными к ударам и климатическим воздействиям. Поэтому в процессе эксплуатации категорически запрещено пренебрежительное обращение с приборами, приложение чрезмерных усилий при работе, а так же нарушение условий хранения приборов. В случае поломки приборов необходимо проведение дорогостоящих ремонтных работ и юстировок, выполняемых в специализированных организациях (Центр Стандартизации и Метрологии).

2 Штативы

Штативы служат для установки нивелира на высоте, соответствующей росту наблюдателя. По материалу штативы разделяются на деревянные, стальные и алюминиевые. Наиболее удобными, легкими и долговечными являются алюминиевые штативы. На рисунке 1 представлено устройство штатива.

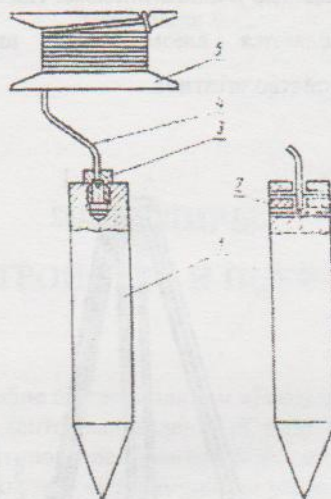


1 – столлик; 2 – становой винт; 3 – ремень; 4 – наконечник.

Рисунок 1 – Штатив

Крепление геодезических приборов к столлику (1) осуществляется через становой винт (2). Необходимо отметить, что штативы для последних моделей геодезических приборов (SOKKIA B20) оснащены становыми винтами с большим шагом резьбы, чем для оптических приборов отечественного производства (Н-3, Н-3К, ЗН-5Л, «Лимка-Горизонт»). На становом винте находится крючок для крепления нитяного отвеса.

Нитяной строительный отвес - это небольшого размера груз, привязанный к нитке и служащий для точного определения вертикальной плоскости. Нитяной строительный отвес представлен на рисунке 2.



1 – корпус; 2 – вставка; 3 – головка; 4 – шнур; 5 – планка.

Рисунок 2 – Отвес

Современные штативы могут быть оснащены сферическим столиком, что ускоряет процесс приведения нивелира в работоспособное положение. При использовании штатива со сферическим столиком при немного ослабленном станом винте, удерживая прибор за подставку двумя руками, перемещают его по столику штатива, как показано на рисунке 3, пока пузырек круглого уровня не будет находиться в центре (в нуль-пункте). Более подробно принцип приведения приборов в работоспособное положение описан в нижеследующих разделах.

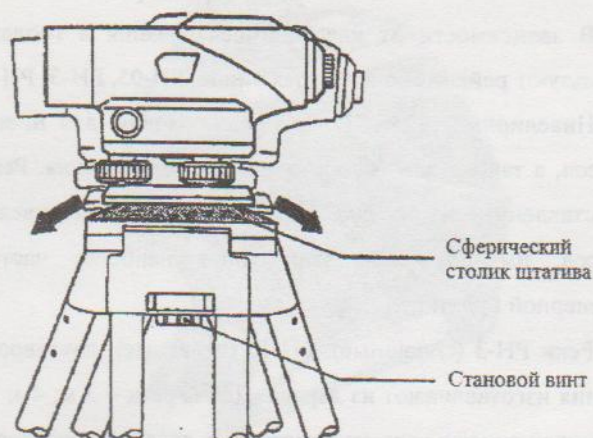


Рисунок 3 – Штатив со сферическим столиком

Высота штатива изменяется выдвижением ножек, и закрепляются винтами или зажимами. Наконечники (4) ножек погружают в грунт, нажимая ногой на упор. При транспортировании ножки задвигают до упора, закрепляют винтами и стягивают ремешком. Ремешь (3) служит для переноса штатива на плече или за спиной. Перенос штатива осуществляется в положении, при котором наконечники направлены вниз.

3 Нивелирные рейки

В зависимости от класса нивелирования в геодезических работах используют рейки основных трех типов: РН-05, РН-3, РН-10.

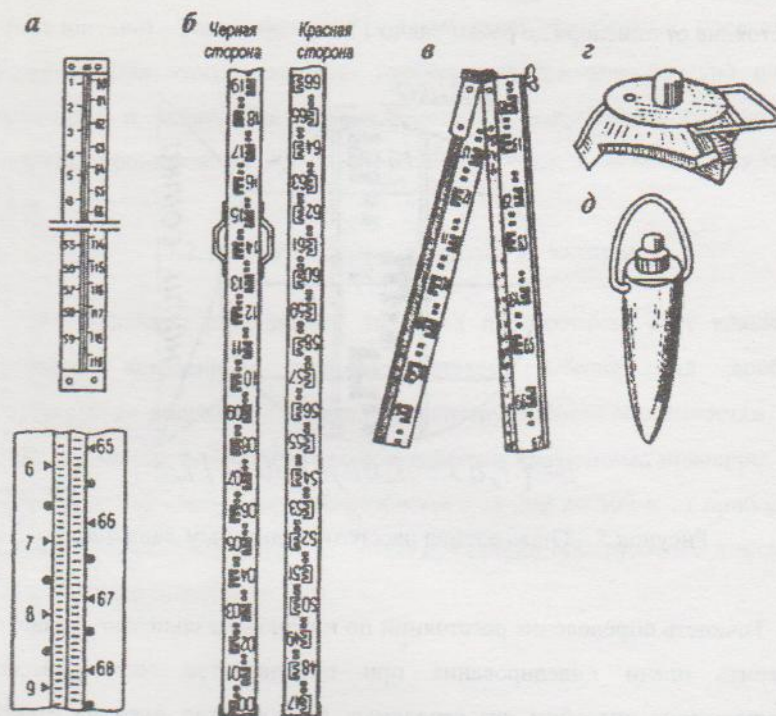
Нивелирные рейки РН-05 предназначены для нивелирования I и II классов, а так же для высокоточного нивелирования. Рейки РН-3 и РН-10 представленные на рисунке 4, предназначены для нивелирования III и IV классов, именно рейки этих типов наиболее часто применимы в инженерной практике.

Рейки РН-3 (сплошные), РН-10 (складные), двутаврового поперечного сечения изготавливают из дерева. Длина реек – 3 м; 4 м; На одной стороне рейки шашечная шкала сантиметровых делений нанесена красным цветом, на другой – черным. Для простоты взятия отсчетов первые 5 см каждого дециметрового деления рейки объединены в букву «Е». Нуль шкалы черной стороны совмещен с нижней плоскостью пятки рейки – стальной пластины жестко закрепленной на рейке. На красной стороне рейки с нижней плоскостью пятки совмещена шкала начальным делением 4683 или 4783 мм (на других типах реек с иным делением). В комплекте к нивелиру рейки должны быть параллельными: у них с нижней плоскостью пятки совпадают одинаковые деления красной стороны.

Нанесение шкал черным и красным цветом, а так же различие в начальных делениях необходимо для проведения проверок во взятии отсчетов по рейкам в процессе нивелирования.

В последние годы наибольшее распространение среди специалистов получили облегченные металлические (из сплава алюминия) рейки, телескопические, их длина 3, 4 и 5 м. На одной стороне рейки нанесена шкала шашечных сантиметровых делений, на другой – шкала миллиметровых делений.

При нивелировании рейки устанавливают на вбитые вровень с землей колышки, металлические или деревянные костыли или башмаки.



а – штриховая инварная рейка типа РН-05; б – двусторонняя шашечная рейка типа РН-3; в – складная рейка; г – башмак; д – костыль.

Рисунок 4 – Нивелирные рейки и приспособления для их установки

Отсчеты по рейке берутся по среднему штриху сетки нитей нивелира. Отсчеты измеряются в мм. Значение отсчетов с точностью до миллиметра берется наблюдателем «на глаз». На рисунке 5 значение отсчета по рейке равно 1730 мм.

При помощи нитяного дальномера, возможно определить расстояние от прибора до рейки. Нитяной дальномер - это две дополнительные нити сетки нитей (см. рис.5). Для этого необходимо взять отсчеты по верхней и нижней дальномерным нитям, перевести значения отсчетов в метры и умножить на коэффициент дальномера равный 100. На рисунке 5 отсчеты

по дальномерным нитям равны 1830 мм и 1660 мм, следовательно, расстояние от нивелира до рейки равно 17 м.

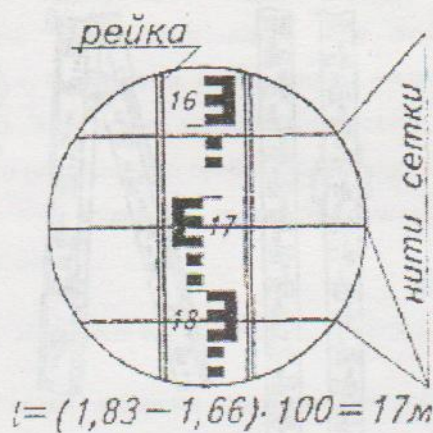


Рисунок 5 – Определение расстояния нитяным дальномером

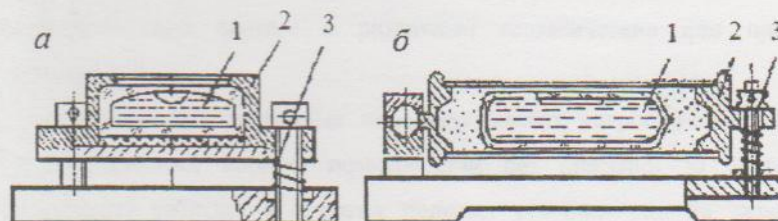
Точность определения расстояний по нитяному дальномеру позволяет измерить плечи нивелирования при производстве геометрического нивелирования способом «из середины» (неравенство плеч на станции допускается не более 5 м). Для более точного измерения расстояний (разбивка пикетажа, длина сторон нивелирных ходов и т.д.) необходимо прибегать к использованию землемерных лент и рулеток.

4 Уровни

Уровни в геодезических приборах служат для установки частей прибора в горизонтальное или вертикальное положение или для измерения малых углов отклонения элементов прибора от горизонтального или вертикального положения. Уровни могут быть съемными (например, на нивелирных рейках) или жестко связанными с прибором. В зависимости от принципа действия уровни подразделяют на жидкостные, электромеханические, маятниковые, «упругие» и т. п.

Основными элементами жидкостного уровня являются его чувствительный элемент (ампула с жидкостью) и оправа для крепления.

Жидкостные уровни бывают круглые и цилиндрические. В круглом уровне, изображенном на рисунке 6а, в качестве ампулы используется стеклянный сосуд (1), верхняя часть которого отшлифована по сферической поверхности. Сосуд заполнен легкоподвижной жидкостью (спирт, эфир) и содержит свободное пространство заполненное парами этой жидкости (пузырек уровня). В цилиндрическом уровне, представленном на рисунке 6б, ампула представляет собой стеклянную трубку (1), внутренняя поверхность которой отшлифована в виде бочкообразного тела вращения и заполнена жидкостью.



а – круглый уровень; б – цилиндрический уровень.

Рисунок 6 – Жидкостные уровни

Свободное пространство с парами жидкости (пузырек уровня) обычно составляет 0,3— 0,4 длины ампулы при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ампулы (1) уровней заключены в оправы (2), имеющие регулировочные (юстировочные) винты (3). Цилиндрические ампулы подразделяют на простые (АЦП), компенсированные (АЦК) и регулируемые (АЦР). При симметричном расположении пузырька относительно нуля - пункта ось цилиндрического уровня занимает горизонтальное положение (осью уровня является касательная к внутренней поверхности ампулы в нуль - пункте).

Угол, на который надо наклонить ампулу, чтобы пузырек уровня переместился на одно деление (обычно 2 мм) - называется ценой деления уровня.

По использованию и назначению различают цилиндрические обычные (односторонние) уровни; реверсивные уровни (со шкалами на двух противоположных сторонах ампулы); контактные (цилиндрический уровень с системой призм и микрообъективов для получения совмещенного изображения концов его пузырька); накладные и подвесные уровни; уровень Талькотта — цилиндрический уровень с элевационным винтом.

5 Виды нивелиров

Нивелир – геодезический прибор, предназначенный для проведения геометрического нивелирования.

Геометрическое нивелирование – процесс измерения разностей высот точек местности (*превышений h*) и определения их высот с помощью горизонтального луча визирования. Более подробно о сущности и способах геометрического нивелирования студенты ознакомятся на практических и лекционных занятиях.

Луч визирования – это мнимый луч, проходящий через центр зрительной трубы нивелира (через перекрестие нитей окуляра). Так как устройство нивелира не предполагает измерения вертикальных углов, а зрительная труба находится в практически вертикально неподвижном положении, визирный луч называется горизонтальным.

По конструкции нивелиры могут быть с уровнем при трубе (Н-3, ЗН5Л, «ЛИМКА - ГОРИЗОНТ») или без уровня, оборудованные компенсаторами (Н-3К, SOKKIA B20).

Нивелир работает в комплекте с рейками, которые устанавливаются вертикально на определяемые точки.

Область применения нивелиров крайне велика – нивелирование сооружений линейного типа (железнодорожных и автомобильных трасс), вертикальная съемка площадок, устройство котлованов, определение уклонов инженерных коммуникаций (канализационных, газовых, водопроводных труб и т.д.), возведение строительных конструкций в горизонтальное проектное положение (монтаж плит перекрытий, устройство опалубки под монолитное перекрытие), устройство песчаных подсыпок под фундаменты и инженерные коммуникации, устройство и проверка подкрановых путей, оценка осадок сооружений и т.д. Перед началом работы с любой моделью нивелира необходимо проверить выполнение поверок прибора (см. раздел 6).

В качестве исторического экскурса приведено устройство и характеристики таких приборов как Н-3 (СССР), Н-3К (СССР) послуживших прототипом для создания современных геодезических инструментов.

Наиболее широкое применение в геодезической практике нашли нивелиры: ЗН5Л (Россия), «Лимка-Горизонт» (Россия), SOKKIA B20 (Япония).

5.1 Нивелир Н-3

Н-3 относится к классу точных оптических нивелиров. В современной геодезической практике прибор применяется редко из-за неудобства и несовершенства конструкции, каким является построение зрительной трубой обратного, т.е. перевернутого изображения объектов. Данный факт принуждает к использованию устаревших нивелирных реек с перевернутой шкалой.

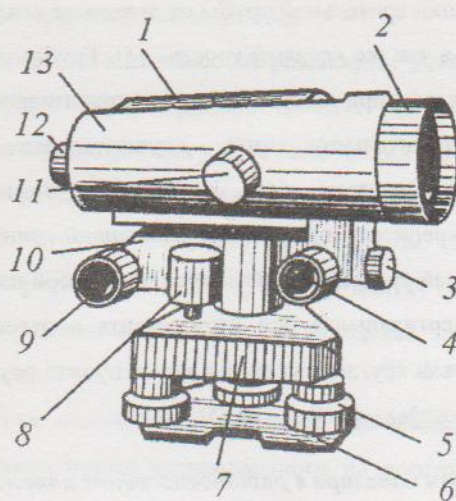
Цифра в обозначении марки нивелира обозначает среднюю квадратическую ошибку превышения на 1 км двойного (в прямом и обратном направлении) нивелирного хода; Для нивелира Н-3 средняя квадратическая ошибка равна 3 мм.

Общий вид нивелира Н-3 представлен на рисунке 7.

Основными элементами нивелира являются зрительная труба (13) с жестко закрепленным цилиндрическим уровнем (1) (подробнее см. раздел), подставка (7) с подъемными винтами (6), круглый уровень (8) (подробнее см. раздел 4), а так же наводящий (4), закрепительный (3) и элевационный (9) винты.

Зрительная труба состоит из объектива (2), окуляра (12), фокусирующего винта (кремальеры) (11), цилиндрического уровня (1). В поле зрения зрительной трубы наблюдатель видит сетку нитей, изображенную на рисунке 8, а так же в левой области изображение половинок цилиндрического уровня. Такой уровень называется контактный. Контактный уровень облегчает работу с нивелиром и

позволяет отслеживать положение цилиндрического уровня, не отрываясь от взятия отсчетов по рейке.



1 – цилиндрический уровень; 2 – объектив; 3 – закрепительный винт; 4 – наводящий винт; 5 – подъемный винт; 6 – гибкая пластина; 7 – подставка; 8 – круглый уровень; 9 – элевационный винт; 10 – опорная площадка; 11 – фокусирующий винт (кремальера); 12 – окуляр; 13 – зрительная труба

Рисунок 7 – Нивелир Н-3



а, б – пузырек цилиндрического уровня вне нуля-пункта; в - пузырек цилиндрического уровня в нуля-пункте.

Рисунок 8 – Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3

На опорной площадке (10) устроен закрепительный винт (3) который служит для фиксации зрительной трубы от вращения вокруг вертикальной оси инструмента, а так же круглый уровень (8). Грубая наводка трубы на рейку осуществляется при открепленном закрепительном винте. При закрепленном закрепительном винте осуществляется точная наводка трубы наводящим винтом (4). Необходимо помнить, что при открепленном закрепительном винте, наводящий винт вращается «в холостую». Круглый уровень предназначен для грубой настройки прибора по приведению вертикальной оси инструмента в отвесное положение. Приведение пузырька круглого уровня в «нуль пункт» осуществляется при помощи вращения подъемных винтов (6).

Для приведения нивелира в работоспособное положение необходимо:

- 1) развязать ремешок вокруг ножек штатива и освободить зажимные винты штатива;
- 2) не раскладывая штатив, вытянуть его ножки до тех пор, пока головка штатива не окажется на уровне глаз наблюдателя, затем затянуть зажимные винты;
- 3) расстояние между ножками должно быть таково, чтобы они образовывали равносторонний треугольник;
- 4) убедиться, что столик штатива расположен приблизительно в горизонтально и зафиксировать наконечник ножек штатива, утопив их в грунт;
- 5) придерживая прибор на штативе, закрутить становой винт;
- 6) зажать становой винт;
- 7) вращением подъемных винтов привести пузырек круглого уровня в центр (нуль-пункт) как показано на рисунке 9. При вращении подъемных винтов необходимо помнить, что ход винтов ограничен.

Для более быстрой наводки наиболее удобным является вращение подъемных винтов навстречу друг другу;

- 8) при помощи элевационного винта привести пузырек цилиндрического уровня в центр шкалы.

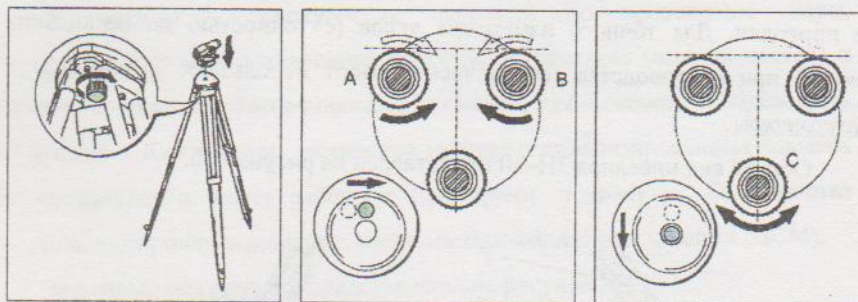


Рисунок 9 – Установка нивелира на штатив. Приведение пузырька круглого уровня в нуль-пункт

Современным аналогом нивелира Н-3, широко используемым при производстве геодезических работ является нивелир 3Н-5Л.

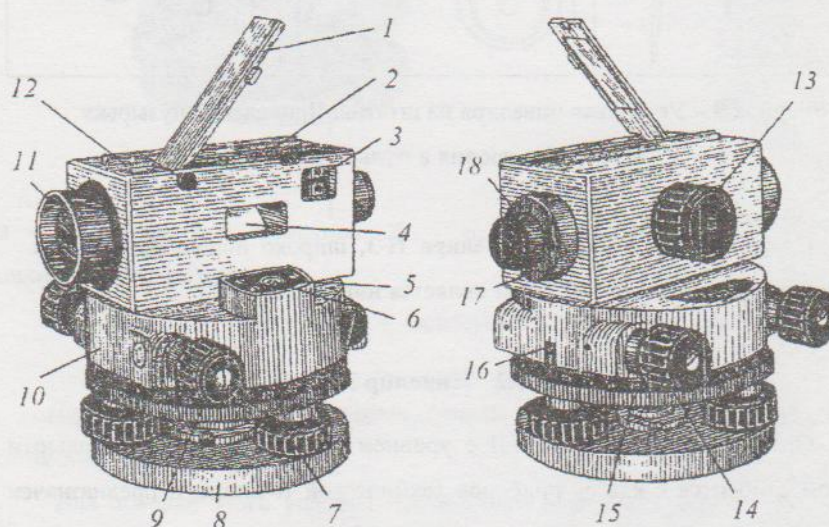
5.2 Нивелир 3Н-5Л

Оптический нивелир 3Н-5Л с уровнем при трубе и горизонтальным кругом относится к классу приборов технической точности и предназначен для создания высотной основы при топографических съемках, проведении изысканий и в строительстве. Цифра «3» в обозначении нивелира означает номер модели инструмента. Цифра «5» обозначает среднеквадратическую погрешность измерения превышений на 1 км хода равную 5 мм. Букв «Л» обозначает, что прибор оснащен лимбом горизонтального круга.

Лимб - плоское кольцо с нанесенными на боковой поверхности штрихами, делящими окружность на равные части (градусы и т. п.); служит для отсчета углов в угломерных инструментах. Учитывая особенность

конструкции нивелира (зрительная труба вращается только в горизонтальном направлении вокруг оси инструмента), лимб в нивелирах предназначен для измерения только горизонтальных углов. Так как цена деления лимба нивелира ЗН-5Л - 1° , для выполнения большинства геодезических задач связанных с измерением углов с достаточной точностью, данный инструмент не пригоден. Для точного измерения углов (с точностью до нескольких секунд) при производстве геодезических работ используют теодолиты и тахеометры.

Общий вид нивелира ЗН-5Л представлен на рисунке 10.



1 — зеркало; 2 — цилиндрический уровень; 3 — юстировочные гайки цилиндрического уровня; 4 — белый экран; 5 — юстировочные винты круглого уровня; 6 — круглый уровень; 7 — подъемные винты; 8 — подставка; 9 — наводящий винт; 10 — корпус низка; 11 — объектив; 12 — корпус; 13 — фокусирующий винт (кремальера); 14 — элевационный винт; 15 — металлический лимб; 16 — индекс; 17 — индекс; 18 — гайка.

Рисунок 10 — Нивелир ЗН-5Л

Нивелир имеет зрительную трубу прямого изображения. Объектив (11) выведен наружу, на его оправу, при необходимости, устраивается линзовая насадка для визирования на рейку, расположенную ближе 1,2 м. При вращении диоптрийного кольца (13), настраивается четкость изображения сетки нитей (при одном и том же положении диоптрийного кольца, резкость сетки нитей для различных наблюдателей будет неодинакова, что обусловлено индивидуальной особенностью остроты зрения наблюдателей). Кремальерой (14) зрительную трубу фокусируют при наведении на рейку. Цилиндрический уровень (2) подсвечивается при помощи экрана (4). Зеркало (1) служит для удобства наблюдения за положением пузырька цилиндрического уровня. Верхняя часть нивелира связана с корпусом низка (10) безлюфтовым пружинным шарниром и может наклоняться относительно низка на малый угол с помощью элевационного винта (15). Рукоятки наводящего винта (9) бесконечной наводки для удобства работы как правой, так и левой рукой расположены по обе стороны прибора. На верхней плоскости корпуса низка находится круглый уровень (6) служащий для установки оси нивелира в отвесное положение. Между корпусом низка и подставкой (8) расположен металлический лимб (16) который можно вручную установить в требуемое положение. Отсчет по лимбу берут при помощи индекса (5). При вращении нивелира лимб остается неподвижным.

Принцип приведения нивелира в работоспособное положение аналогичен описанному в разделе 5.1.

5.3 Нивелир Н-ЗК

Точный оптический нивелир с самоустанавливающейся линией визирования, предназначенный для нивелирования III, I классов и технического, а также для инженерно-геодезических работ при изысканиях и строительстве зданий и сооружений. Нивелир обеспечивает выполнение геометрического нивелирования со средней квадратической погрешностью 3

мм на 1 км двойного хода, о чем свидетельствует цифра «3» в названии прибора. Буква «К» означает, что прибор оснащен компенсатором.

Компенсатор - приспособление в самоустанавливающихся нивелирах для автоматического удержания линии визирования в горизонтальном положении. При наклоне зрительной трубы нивелира на некоторый малый угол (от единиц до десятков минут). Компенсатор возвращает линию визирования в горизонтальное положение. Если угол наклона превосходит допустимую величину угла компенсации, то компенсатор работать не может. Существуют различные устройства компенсаторов, но всякий компенсатор представляет собой механический или гидромеханический маятник, расположенный в зрительной трубе между объективом и окуляром или перед объективом. Кроме маятника в компенсаторе имеется еще демпфер (гаситель колебаний) – приспособление для успокоения колебаний маятника.

Нивелир Н-3К имеет призмный компенсатор, схема которого представлена на рисунке 11. Зрительная труба имеет объектив (1), фокусирующую линзу (2), сетку (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.

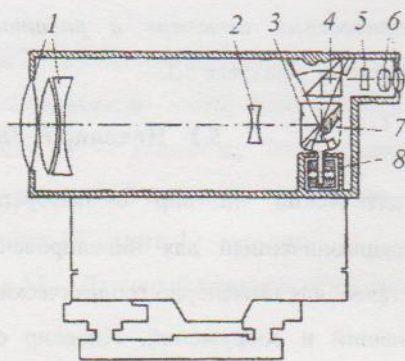


Рисунок 11 – Устройство компенсатора нивелира Н-3К

В современной геодезической практике, нивелир Н-3К применяется редко, потому что как и у нивелира Н-3 зрительная труба прибора Н-3К строит обратное, т.е. перевернутое изображение объектов. Общий вид нивелира представлен на рисунке 12 а.

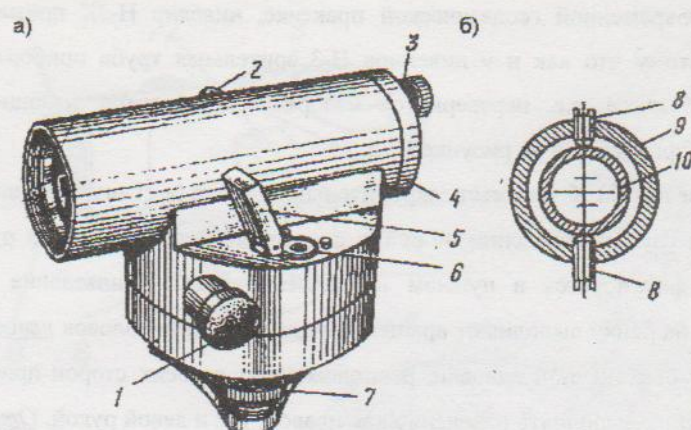
Нивелир НЗ-К не имеет закрепительного винта (в отличие от нивелира Н-3). При грубом наведении на рейку достаточно легко вращается рукой и надежно фиксируется в нужном направлении. Точное наведение трубы нивелира на рейку выполняют вращением одной из двух головок наводящего винта (1) бесконечной наводки, расположенных с обеих сторон прибора и позволяющих выполнять наведение как правой, так и левой рукой. Откидное зеркальце (5) служит для удобства наблюдения за положением пузырька круглого уровня (6).

Диафрагма сетки нитей (10), изображенная на рисунке 12 б, крепится в окулярной части зрительной трубы двумя вертикальными юстировочными винтами (8), с помощью которых сетку при необходимости можно смещать в вертикальной плоскости вверх или вниз. Эти винты, как и крепежные винты окуляра, крепящие его в торце корпуса трубы, закрыты предохранительным колпачком (4), который можно легко снять, если свинтить плоскую гайку.

Из рисунка 12 видно, что в отличие от нивелира Н-3 и 3Н-5Л, в данной модели нивелира отсутствует цилиндрический уровень при трубе, что приводит к исключению из конструкции инструмента элевационного винта. Поле зрения трубы нивелира аналогично нивелиру 3Н-5Л. Принцип взятия отсчетов по рейке такой же как и у нивелиров других моделей.

Принцип *приведения нивелира в работоспособное положение* аналогичен описанному в разделе 5.1 (за исключением пункта 8).

Современным аналогом нивелира Н-3К, широко используемым при производстве геодезических работ является нивелир SOKKIA B20.



1 – наводящий винт (бесконечной наводки); 2 – фокусирующий винт (кремальера); 3 – окуляр с диоптрийным кольцом; 4 – предохранительный колпачок; 5 – откидное зеркальце; 6 – круглый уровень с тремя юстировочными винтами; 7 – подъемный винт; 8 – юстировочные винты сетки нитей; 9 – резьба плоской шайбы; 10 – сетка нитей (нанесенная на стеклянную пластину).

Рисунок 12 – Нивелир Н-3К (а) и поперечный разрез окулярной части зрительной трубы (б)

5.4 Нивелир SOKKIA B20

Фирма SOKKIA (Япония) является крупнейшей зарубежной приборостроительной фирмой. Приборы этой фирмы отличаются высокой надежностью, и большинство из них имеет гарантию 25 лет! Оптический нивелир SOKKIA B20 оснащен быстродействующим автоматическим компенсатором с магнитным демпфером. Принцип работы компенсатора с магнитным демпфером следующий - гашение колебаний происходит с помощью магнитного поля. Каждый раз, когда маятник проходит мимо кусочка магнита, магнитное поле тормозит его движение - и так несколько раз до полной остановки маятника. Таким образом, под

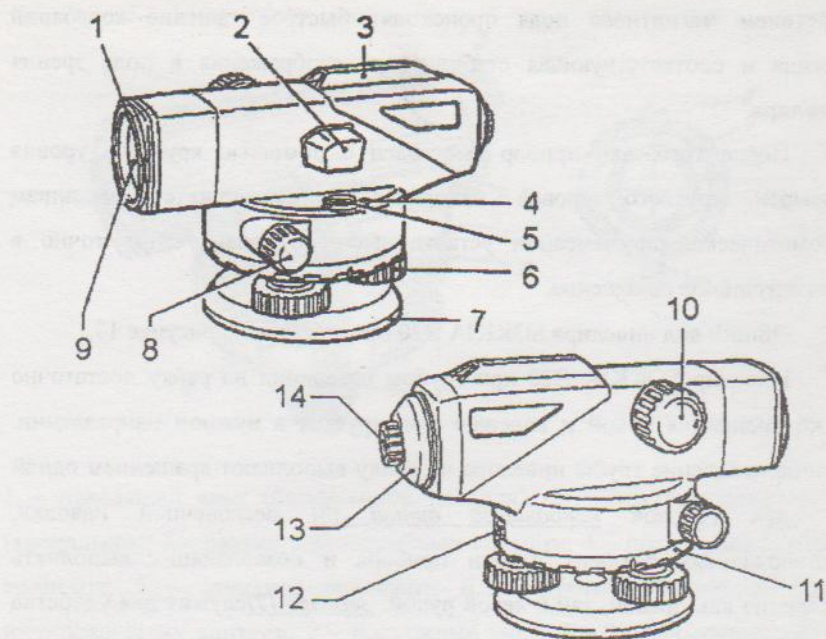
действием магнитного поля происходят быстрое гашение колебаний зеркала и соответствующая стабилизация изображения в поле зрения нивелира.

После того, как прибор выставлен с помощью круглого уровня (пузырек круглого уровня находится в нуль-пункте), механизм автоматической компенсации устанавливает ось визирования точно в горизонтальное положение.

Общий вид нивелира SOKKIA B20 представлен на рисунке 13.

Нивелир SOKKIA B20 при грубом наведении на рейку достаточно легко вращается рукой и надежно фиксируется в нужном направлении. Точное наведение трубы нивелира на рейку выполняют вращением одной из двух головок наводящего винта (8) бесконечной наводки, расположенных с обеих сторон прибора и позволяющих выполнять наведение как правой, так и левой рукой. Зеркало (2) служит для удобства наблюдения за положением пузырька круглого уровня (5). Приведение вертикальной оси прибора в отвесное положение осуществляется путем приведения пузырька круглого уровня в нуль-пункт вращением подъемных винтов (6). При вращении диоптрийного кольца на окуляре (14) прибора, настраивается резкость сетки нитей. Фокусировка зрительной трубы на объекте нивелирования осуществляется путем вращения кремальеры (10). Измерения горизонтальных углов осуществляется путем взятия отсчетов по индексу (12) с лимба (11) горизонтального круга.

Принцип *приведения нивелира в работоспособное положение* аналогичен описанному в разделе 5.1 (за исключением пункта 8).



1 – объектив; 2 – зеркало; 3 – визир (для грубой наводки на рейку); 4 – юстировочные винты круглого уровня; 5 – круглый уровень; 6 – подъемный винт; 7 – подставка; 8 – наводящий винт; 9 – линзы объектива; 10 – фокусирующий винт (кремальера); 11 – лимб; 12 – индекс; 13 – колпачок юстировочных винтов сетки нитей; 14 – окуляр.

Рисунок 13 – Нивелир SOKKIA B20

5.5 Лазерный нивелир «Лимка - горизонт»

Лазерный нивелир выполнен по конструктивной схеме обычного оптического нивелира, что делает работу с ним привычной и понятной. Особенностью прибора является возможность вращения лазерного луча в горизонтальной плоскости, а 90-градусная поворотная пентапризма позволяет строить вертикальные плоскости.

Нивелир, представленный на рисунке 14, состоит из двух частей: корпуса (4) и подставки (13). В корпусе размещены лазерный модуль (1), элементы питания (10), переключатель питания (11), цилиндрический (3) и круглый (5) уровни.

Угол (непараллельность оси цилиндрического уровня и лазерного луча) приводит к нулю юстировкой лазерного модуля с помощью трех винтов, доступ к которым открывается при снятии колпака.

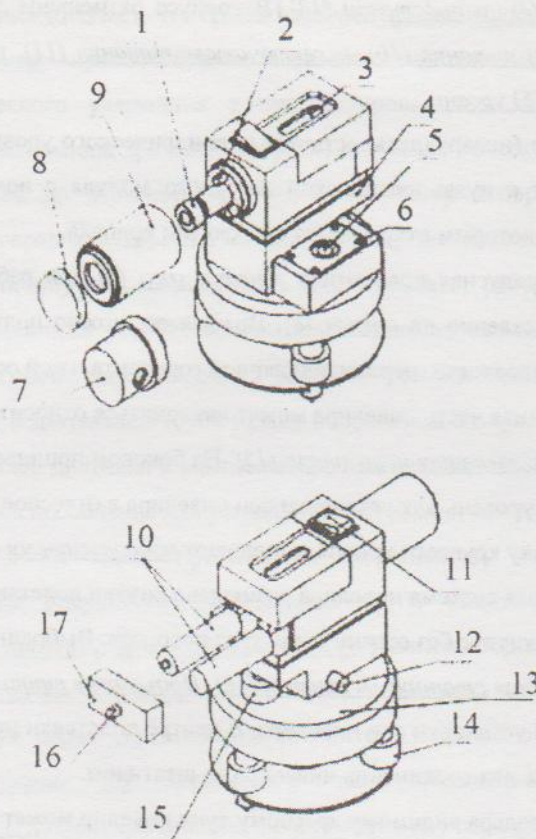
90-градусная поворотная пентапризма (7) при работе устанавливается непосредственно на колпак (8). Вращая ее, можно получить веер лазерных лучей в плоскости, перпендикулярной горизонтальной оси.

Верхняя часть нивелира может наклоняться относительно низка с помощью элевационного винта (15). На боковом приливе низка находится круглый уровень для установки оси нивелира в отвесное положение. Юстировку круглого уровня выполняют исправленными винтами (6).

Осевая система нивелира размещена внутри подставки и позволяет вращать корпус без ограничения угла поворота. Выбранный угол поворота фиксируется стопорным винтом (12). Подъемные винты (14) служат для отвесной установки оси нивелира. В центре подставки находится резьбовое отверстие для соединения нивелира со штативом.

Благодаря видимому красному лучу нивелир может использоваться без приемника излучения, а также в большинстве отделочных работ - без рейки. Наличие подсветки цилиндрического уровня облегчает работу в условиях слабой освещенности.

Принцип **приведения нивелира в работоспособное положение** аналогичен описанному в разделе 5.1



1 – лазерный модуль; 2 – юстировочный винт; 3 – цилиндрический уровень; 4 – корпус; 5 – круглый уровень; 6 – юстировочные винты круглого уровня; 7 – призма; 8 – крышка; 9 – колпачок; 10 – элементы питания; 11 – переключатель; 12 – стопорный винт; 13 – подставка; 14 – подъемный винт; 15 – элевационный винт; 16 – винт; 17 – крышка.

Рисунок 14 – Лазерный нивелир «Лимка-горизонт»

6 Поверки и юстировки нивелиров

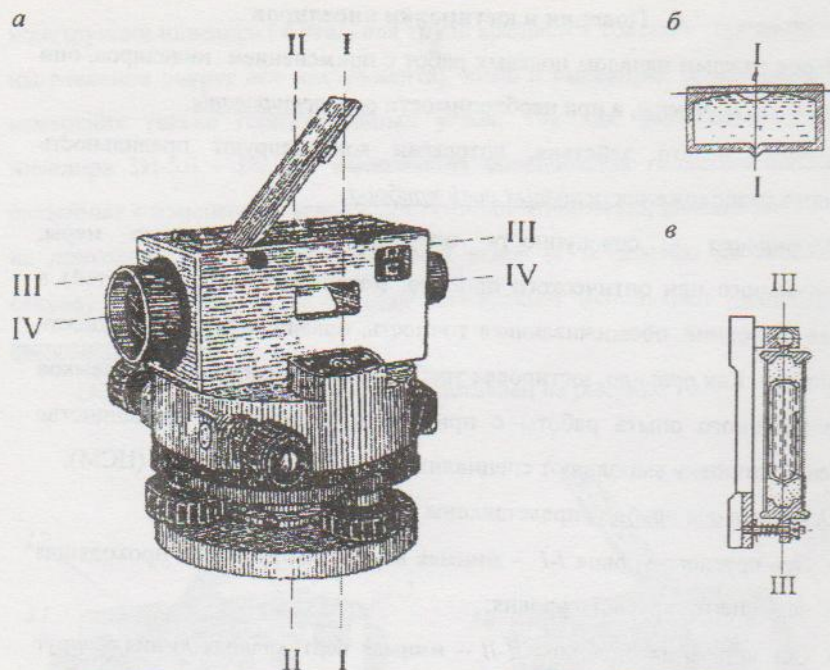
Перед каждым началом полевых работ с применением нивелиров, они должны быть поверены, а при необходимости отъюстированы.

Поверки – это действия, которыми контролируют правильность взаимного расположения основных осей прибора.

Юстировка – совокупность операций по приведению меры, измерительного или оптического прибора, механизмов (или их частей) в рабочее состояние, обеспечивающее точность, правильность и надёжность их действия. Как правило, юстировка требует специализированных навыков и определенного опыта работы с приборами, поэтому в большинстве случаев, юстировку выполняют специализированные организации (ЦСМ).

Основные оси прибора представлены на рисунке 15:

- Ось круглого уровня *I-I* – мнимая вертикальная линия, проходящая через центр круглого уровня;
- Ось вращения нивелира *II-II* – мнимая вертикальная линия, вокруг которой осуществляется вращение инструмента;
- Ось цилиндрического уровня *III-III* – мнимая горизонтальная линия, проходящая через центр цилиндрического уровня;
- Визирная ось *IV-IV* – мнимая горизонтальная линия, проходящая через центр зрительной трубы нивелира (через пересечение вертикальной и средней штрихов сетки нитей).



а – основные оси нивелира; *б* – ось круглого уровня; *в* – ось цилиндрического уровня.

Рисунок 15 – Основные оси прибора

Первая проверка: ось круглого уровня I-I должна параллельна оси вращения нивелира II-II.

Для проверки этого условия подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт и поворачивают трубу нивелира на 180° . Если пузырек сместился с нуль-пункта более, чем на 0,5 деления, то производят юстировку.

Юстировка: исправительными винтами круглого уровня перемещают пузырек к центру на половину дуги отклонения, а окончательное совмещение пузырька уровня с центром ампулы производят при помощи подъемных винтов.

Вторая поверка: горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира II-II.

Для выполнения этого условия на расстоянии 20-30 м от нивелира устанавливают рейку. Трубу прибора наводят таким образом, чтобы изображение рейки расположилось у края поля зрения трубы и берут отсчет по горизонтальному (среднему) штриху сетки нитей. Затем наводящим винтом зрительную трубу поворачивают таким образом, чтобы изображение рейки оказалось у противоположного края поля зрения трубы. Если отсчет не изменился, то условие выполнено. В противном случае необходимо проведение юстировки.

Данную поверку можно так же выполнить, визирую вертикальной нитью сетки, на нить отвеса установленного на расстоянии 10-15 м от инструмента. Если нить зрительной трубы не совпала с нитью отвеса более чем на 0,5 мм, положение нитей сетки исправляют.

Юстировка: снимают защитный колпачок окуляра, ослабляют крепежные винты окулярной части зрительной трубы и, поворачивая сетку нитей за счет люфта в отверстиях винтов, добиваются выполнения условия поверки.

Третья поверка: ось цилиндрического уровня III-III должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы IV-IV (главная поверка).

Данная поверка выполняется несколькими способами, рассмотрим наиболее распространенный способ. Схема к выполнению данной поверки представлена на рисунке 16.

Нивелир устанавливают на станции в точке *ст. I* на равном удалении ($d_1=d_2$) от колышков вбитых в точках *A* и *B* на расстоянии 60 – 80 м друг от друга. На колышки устанавливают рейки в отвесном положении. Берут отсчет по рейке установленной в точке *A* равный a_1 , а так же по рейке установленной в точке *B* равный b_1 и вычисляют превышение по формуле $h_1=a_1-b_1$.

Затем нивелир устанавливают на станции в точке *ст.2* на расстоянии 3 – 5 м от рейки, и берут отсчет по рейке установленной в точке *A* равный a_2 и по рейке установленной в точке *B* равный b_2 , после чего вычисляют превышение $h_2 = a_2 - b_2$.

Если разница $\Delta h = h_1 - h_2$ меньше ± 4 мм то условие выполняется. В противном случае выполняется юстировка.

Юстировка: вычисляют правильный отсчет по дальней рейке равный $a_2' = b_2 + h_1$. При помощи элевационного винта наводят средний горизонтальный штрих сетки нитей на вычисленный отсчет (при этом пузырек цилиндрического уровня отклонится от середины), ослабляют боковые исправительные (юстировочные) винты уровня и при помощи их возвращают пузырек уровня на середину. После этого поверку повторяют, проверяя качество выполненной юстировки.

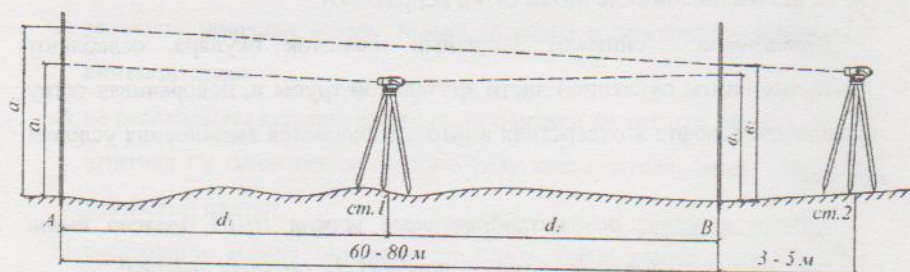


Рисунок 16 – Позиция нивелира при третьей поверке

Для нивелиров с компенсаторами (Н-3К, SOKKIA B20) третья поверка не выполняется. При работе с такими нивелирами после второй поверки переходят к выполнению следующих условий:

Четвертая поверка (поверка компенсатора): линия визирования должна самоустанавливаться практически равномерно в пределах работы компенсатора при различных направлениях наклона нивелира.

Штатив следует установить так, чтобы один из подъемных винтов подставки был направлен в сторону рейки, удаленной от нивелира на 70 – 100 м. Пузырек круглого уровня приводят в нуль-пункт и через зрительную трубу берут отсчет по рейке. Затем подъемными винтами наклоняют нивелир вперед, назад, влево и вправо на угол, соответствующий отклонению пузырька круглого уровня от нуль-пункта на одно кольцевое деление. Каждый раз по рейке берут отсчет. В исправленном нивелире отсчеты не должны изменяться больше чем на 1-2 мм.

Юстировка: компенсатор юстируется исключительно в специализированной геодезической мастерской.

Пятая поверка (поверка главного условия нивелиров с компенсатором):
линия визирования должна быть горизонтальна (в диапазоне работы компенсатора).

Данная поверка выполняется по способу двойного нивелирования описанного в третьей поверке.

Юстировка: Прибор приводят в работоспособное положение. На станции в точке *ст.2* линию визирования переводят в горизонтальное положение на вычисленный отсчет a_2' перемещением диафрагмы с сеткой нитей, действуя вертикальными юстировочными винтами. Для оценки качества юстировки поверку повторяют.

7 Другие виды нивелиров

Помимо огромного множества оптических нивелиров различных производителей геодезического оборудования, в современной практике встречаются цифровые нивелиры, ротационные лазерные нивелиры и построители плоскостей, гидростатические нивелиры.

7.1 Цифровые нивелиры

Цифровой нивелир, изображенный на рисунке 17а, принадлежит к классу профессионального высокотехнологического оборудования, позволяющему существенно упростить и автоматизировать измерения. Инструмент, позволяющий многократно повысить качество и надежность измерений.



а - цифровой нивелир Leica DNA10; б- рейка со штрих – кодом.

Рисунок 17 – Цифровой нивелир с рейкой

Главным достоинством цифрового нивелира является возможность автоматического снятия отсчетов по специальной рейке с нанесенным на нее штрих-кодом, показанная на рисунке 17 б. Штрих-код ни разу не повторяется по всей длине рейки, позволяя точно определить высоту от пятки рейки до

места наведения горизонтальной трубы нивелира. В отличие от оптического нивелира, точность снятия отсчетов не зависит от особенностей зрения оператора или окружающих условий – достаточно просто навестись на рейку и нажать на кнопку запуска измерений.

Цифровые нивелиры возможно применять в условиях недостаточной видимости, в сумерках, в тумане, при тусклом освещении, и даже в случаях, когда наблюдать всю рейку невозможно из-за условий местности или препятствий. Для производства измерений превышения и расстояний достаточно видеть всего 30-сантиметровый сегмент рейки.

Цифровой нивелир оснащен процессором, позволяющим выполнять вычисления превышений и отметок, а также встроенной памятью для записей измерений. Поскольку вся запись измерений происходит в цифровом виде, то практически полностью исключаются ошибки наблюдателя – а следовательно, снижаются затраты на съемку и повышается целостность результатов.

Цифровой нивелир позволяет сохранить данные измерений и вычислений в виде файла, который в любой момент можно просмотреть на экране прибора или перенести на компьютер для дальнейшей обработки. Сегодня практически вся информация обрабатывается и передается в цифровом виде, и в отличие от оптического инструмента вы легко передадите свои данные в различные геодезические или проектные программы.

Современные цифровые нивелиры имеют ударопрочный, пыле- и влагозащищенный корпус, позволяющий без опасений за сохранность инструмента работать в суровых полевых условиях или на запыленных строительных площадках. Зрительная труба электронных нивелиров имеет прямое изображение, а увеличение в зависимости от модели варьируется от 20- до 50 крат. Как правило, чем выше точность нивелира – тем выше кратность увеличения зрительной трубы и, соответственно, стоимость. Кроме того, цена цифрового нивелира может зависеть от наличия дополнительных

функций. Так, например, существуют инструменты, которые не только позволяют определять превышения, но и расстояния до объекта, а также измерять горизонтальные углы, благодаря чему с их помощью можно определять плановые координаты пикетных точек.

7.2 Ротационные лазерные нивелиры и построители плоскостей

К современным эффективным инструментам, используемым отделки помещений, монтажа коммуникаций, и т.д. Благодаря этим приборам возможно построение вертикальной или наклонной плоскости – на стенах, полах, потолках

С помощью лазерных приборов быстро и удобно проверяется общий уровень фундамента и его горизонтальность, проектируются уклоны водопроводных труб или слива, планируются уклоны земельных участков, проводится монтаж заборов и сайдинга, контролируется кладка кирпича и плитки, производится разметка маяков при монтаже потолка и заливке пола, монтируются телескопические ворота и кровля. При помощи лазерных приборов работа будет сделана быстро и эффективно.

Внутри прибора, как правило, производится установка светодиода красного цвета, мощность которого равна 1 МВт, а длина волны составляет 633–670 Нм. Такой светодиод относится к II классу лазеров, где отсутствует дополнительная защита для глаз.

Лазерный излучатель может самовыравниваться, при этом находясь как в свободно – висячем состоянии, так и быть жестко зафиксированным внутри прибора. В лазерных приборах более сложной конструкции используют систему, аналогичную гироскопу, при помощи которой электроника контролирует управление сервоприводами излучателя, встроенными внутри прибора, давая при этом ему возможность уравнивать и задавать требуемый уклон. Приборы, оснащенные самоуравнивающимися излучателями, как правило, имеют оснащение функцией с автоматическим

оповещением критического наклона корпуса (обычно составляет не менее 5% от горизонтали). Такая функция не допускает ошибочных проекций и измерений. Для этого, лазерный прибор ставится относительно ровной поверхности и включается. Уравновешивание излучателем относительно горизонта, производится прибором автоматически в течение нескольких секунд.

7.2.1 Ротационные лазерные нивелиры

Эти приборы проецируют лазерную плоскость за счет вращения светодиода встроенным электродвигателем. Общий вид прибора представлен на рисунке 18. Благодаря конструктивным особенностям, эти устройства превосходят по дальности действия призмённые нивелиры. Без детектора луч можно увидеть на расстоянии от 200 до 500 м от прибора, а при использовании некоторых моделей луч можно обнаружить с помощью детектора на расстоянии до 1 км.



Рисунок 18 – Ротационный лазерный нивелир фирмы BOSCH

Ротационные лазерные нивелиры могут проецировать лазерную плоскость в радиусе 360° , то есть охватывая всё вокруг себя, а это позволяет использовать один прибор сразу несколькими рабочими. Если не требуется,

чтобы нивелир рисовал луч в круговом секторе, можно воспользоваться встроенной функцией сканирования, которая встраивается во все ротационные нивелиры. При использовании этой функции нивелир отображает лазерный луч только в определенном месте (угол охвата задается в настройках). Этот режим удобно использовать, например, при выравнивании дверного или оконного проёма, только одной узкой стены и т.д. Многие ротационные нивелиры также не лишены возможности проецировать лазерный отвес.

7.2.2 Лазерные построители плоскостей

Первое место среди лазерных построителей плоскостей можно, безусловно, отдать приборам, с помощью которых возможно построение различных вариантов пересекающихся вертикальных и горизонтальных лучей под углом 90° . Данные приборы в основном используют при проведении отделочных работ.

Лазерный построитель плоскостей каждой модели сможет построить:

- проекции плоскостей одновременно на 4 стены комнаты (одна – четыре вертикальных линии);
- замкнутую на стене проекцию горизонтальной линии, и её пересечение с вертикальными проекциями (одну горизонтальная линия, развернутая до 360°);
- проекцию точки к потолку вверх (верхний лазерный отвес);
- проекцию точки на пол вниз (нижний лазерный отвес).

Одними из основных производителей лазерных построителей плоскостей являются европейские и американские компании GEO-FENNEL, STABILA (Германия), AGATES (Франция), ZIRCON, TRIMBLE (США).



Рисунок 19 – Лазерный построитель плоскостей фирмы BOSCH

7.3 Гидростатические нивелиры

Гидростатические нивелиры не требуют сложных проверок, они просты в обращении и обеспечивают быстрое определение превышения.

Нивелирование с помощью жидкости, свободная поверхность которой всегда устанавливается нормально к направлению силы тяжести и в сообщающихся сосудах располагается на одном уровне, независимо от массы жидкости и поперечных сечений сосудов, зародилось в глубокой древности. Более 2,5 тысяч лет назад трассирование канала, соединяющего Средиземное и Красное моря, выполнялось с помощью *хоробата* — переносного вытянутого желоба, наполненного водой, свободная поверхность которой использовалась для построения горизонтального луча зрения.

Если сосуды заполнены однородной жидкостью с одинаковыми значениями объемного веса, то поверхности жидкости в этих сосудах устанавливаются на равных высотах, отсчитываемых в данном случае от любой произвольно выбранной горизонтальной плоскости сравнения.

Простейший гидростатический нивелир, представленный на рисунке 20 — трубчатый, состоящий из двух стеклянных цилиндрических сосудов, соединенных жесткой трубкой. Нивелир заполняют какой-либо подкрашенной жидкостью примерно до половины высоты сосудов. Визируя по поверхности жидкости на установленные на нивелируемых точках рейки с делениями, производят отсчеты по ним, как при геометрическом нивелировании, но невооруженным глазом. Такой прибор не поверяют и не юстируют.



Рисунок 20 — Гидростатический трубчатый нивелир

Единственное требование к нему заключается в том, чтобы сосуды были чистыми и не слишком узкими (8-10 мм) во избежание явления капиллярности, вызывающего ошибки измерения. Точность трубчатого нивелира весьма низка, вследствие чего в настоящее время его применяют крайне редко.

В современных гидростатических нивелирах сосуды соединяются не жесткой трубкой, а гибким шлангом; сами сосуды выполняются в виде заключенных в металлическую оправу стеклянных цилиндров с миллиметровыми шкалами на стенках.

8 Список используемых источников

- 1) Инженерная геодезия: Учебник/ И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов-на-Дону: Издательство ФЕНИКС, 2002;
- 2) Геодезические инструменты: учеб. пособие / Л.Б. Кошкина. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006;
- 3) Инженерная геодезия: Учебник/ Г.А. Федотов. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2007;
- 4) Современная геодезическая техника и ее применение: Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е – М.: Академический проект, 2008;
- 5) Инженерная геодезия: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования/ [Е.Б. Ключкин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман]; под ред. Д.Ш. Михелева. – 10 – е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010;
- 6) Геодезия: учеб. пособие / М.С. Нестеренок. – Минск: Высш. шк., 2012;
- 7) Паспорт ЗН-5Л-сб0 ПС, Нивелир ЗН-5Л (ЗН-5), Федеральное Государственное унитарное предприятие производственное объединение «Уральский оптико-механический завод»;
- 8) Руководство по эксплуатации Нивелир Sokkia B20/B30/B40, SOKKIA TOPCON CO.,LTD.

Учебное издание

Моховиков Евгений Сергеевич

Моховиков Сергей Васильевич

**НИВЕЛИРЫ.
УСТРОЙСТВО И ПОВЕРКИ**

Методическое пособие

Подписано в печать _____ Тираж 25 экз.
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53