

РАЗВИТИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ. НИВЕЛИР*

Л.С. Назаров (Политехнический музей)

В 1982 г. окончил геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. После окончания университета работал научным сотрудником Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов. С 1992 г. работает в Политехническом музее, в настоящее время — с. н. с. Куратор и хранитель коллекции «Геодезические приборы и инструменты» музея ГСИ.

А.А. Алтынов («ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»)

В 1993 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания университета работал на кафедре фотограмметрии МИИГАиК, а с 1997 г. — в ООО «Атлас Принт». С 2007 г. работает в ООО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ», в настоящее время — руководитель направления рекламы.

В.В. Грошев (Информационное агентство «ГРОМ»)

В 1971 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-геодезист». После окончания института работал в отделе инженерных изысканий 20-го ЦПИ МО. С 1974 г. служил в кадрах Вооруженных сил СССР и РФ. С 1994 г. работал в 26-м ЦНИИ МО РФ, с 1995 г. — в исполнительной дирекции ГИС-Ассоциации. В 2003 г. учредил научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации «Геопрофи». С 2003 г. работал в ООО «Издательство «Перспект». С 2006 г. по настоящее время — генеральный директор ООО «Информационное агентство «ГРОМ».

Следующим шагом в развитии нивелиров стало создание оптико-электронных нивелиров или, как их часто называют, цифровых (электронных) нивелиров. Оптико-электронный нивелир — это современный многофункциональный геодезический прибор, предназначенный для высокоточного геометрического нивелирования. В нем оптико-механический нивелир совмещен с электронным блоком обработки изображения, запоминающим цифровым устройством и встроенным программным обеспечением для обработки результатов измерений. Основной отличительной особенностью электронных нивелиров является возможность автоматического снятия отсчета и измерения расстояния до рейки по штриховому коду (штрих-коду). Штрих-код представляет собой сочетание черных и белых полос, нанесенных по всей

длине рейки. Рейки со штрих-кодом являются необходимым элементом при выполнении геометрического нивелирования цифровыми нивелирами. Производители приборов используют разные способы автоматического взятия отсчета по штрих-коду: корреляции, позиционный и фазовый [12].

Конструктивно нивелир остался оптическим, поскольку изображение штрихового кода на рейке принимается оптической системой зрительной трубы и через светоделитель проецируется на многоэлементный приемник (ПЗС-матрицу), который выполняет обработку изображения и сохраняет данные в электронном виде в запоминающем цифровом устройстве. Кроме того, наличие зрительной трубы с окуляром при отключении цифрового режима нивелира позволяет работать с этим прибором как с оптико-механи-

ческим нивелиром, используя рейку с шашечными делениями, которые, как правило, нанесены на обратной стороне реек со штриховым кодом.

▼ Цифровой (электронный) нивелир

Как отмечается в [12], создателем технологии современного цифрового нивелирования можно считать профессора из Боннского университета Ханса Цетше (Hans Zetsche), основополагающие свойства которой он изложил в своей книге, изданной в 1966 г. Изображение специального образца кода для рейки, определение и подбор масштаба кода в качестве функции дальности до рейки, функции оптического переноса изображения кода впервые были исследованы в его лаборатории. Практическая реализация технологии стала возможна, благодаря изобретению ПЗС-

* Окончание. Начало в «Геопрофи» № 1-2017, с. 50–53, № 3-2017, с. 48–51 и № 6-2017, с. 48–52.

матрицы — аналоговой интегральной микросхемы, на основе которой было создано фотоприемное устройство, позволяющее автоматически распознавать изображение штрихового кода на рейке и преобразовывать его в цифровую форму [14]. Первый серийный электронный нивелир с возможностью автоматического считывания данных по рейке со штрих-кодом был выпущен в 1990 г. фирмой Leica [12].

Разработкой нивелиров этого класса в те годы занимались и другие ведущие производители оптико-механических нивелиров. Так, в 1994 г. электронные нивелиры собственной разработки DL-101 и DL-102 выпустила компания Topcon, а в 1998 г. модели SDL30 (рис. 33) и SDL30i представила компания Sokkia [15]. Конструкции нивелиров постоянно совершенствовались и дополнялись новыми функциями. С момента появления первых моделей были выпущены: под брендом Topcon — DL-101C (рис. 34) и DL-102C в 1997 г., а под брендом Sokkia — SDL50 в 2005 г. и SDL1X (рис. 35) в 2009 г. Следует отметить, что модели DL-101C и DL-102C в настоящее время сняты с производства.

Рассмотрим подробнее конструктивные и технические возможности цифровых (электронных) нивелиров на примере прибора Sokkia SDL1X. На рис. 36 изображены основные части и конструктивные элементы нивелира. Как любой современный оптико-механический нивелир он имеет: трегер (10) с подъемными винтами (9), лимб горизонтального круга (24), наводящий винт (8), круглый уровень (6) и зеркало круглого уровня (2), компенсатор с магнитным демпфером и маятниковым механизмом (13), окуляр (16) зрительной трубы с прямым изображением и увеличением 32^x, бленду на объектив

зрительной трубы (21), винт кремальеры (20) для фокусировки зрительной трубы и ручку для переноски прибора (1).

Остановимся на конструктивных элементах, обеспечивающих работу нивелира в цифровом режиме.

Перед началом измерений нивелир должен быть установлен и закреплен на штативе, а затем приведен в горизонтальное положение по круглому уровню (6). Контроль положения пузырька круглого уровня относительно нуля можно осуществлять, наблюдая его положение непосредственно по ампуле или с помощью зеркала круглого уровня (2).

Устанавливать нивелир в горизонтальное положение перед началом работы, а также контролировать его горизонтальное положение в процессе измерений можно в цифровом режиме, который включается с помощью кнопки (18). В этом случае на дисплее (23) отображается экран электронного датчика угла наклона (15) в виде виртуального пузырька и концентрических окружностей, соответствующих определенному углу наклона прибора.

Нивелир снабжен оптическим визиром (11), конструкция которого позволяет облегчить работу оператора и повысить качество и эффективность измерений в полевых условиях. При наведении визира на рейку достаточно совместить центр двух кругов в его окуляре с центром рейки и нажать клавишу пуска измерений (22), находящуюся в нижней части корпуса нивелира. При этом срабатывает механизм автофокусировки (14), и зрительная труба автоматически фокусируется на штрих-код рейки, а приемное устройство по команде с основной платы (12) и платы управления (17) начинает считывать отсчет по рейке, сохраняя его в память цифрового процессора. Несовпадение



Рис. 33
Электронный нивелир Sokkia SDL30



Рис. 34
Электронный нивелир Topcon DL-101C



Рис. 35
Электронный нивелир Sokkia SDL1X

оси оптического визира с осью зрительной трубы может внести ошибки в результаты измерений, поэтому перед началом работы



Рис. 36
 Устройство цифрового нивелира Sokkia SDL1X

всегда необходимо проверять положение оси оптического визира относительно оси зрительной трубы.

Клавиатура (25) на передней панели нивелира при включении цифрового режима позволяет автоматически брать одиночный, многократный и усредненный отсчеты по рейке, измерять горизонтальное проложение до рейки, а также выпол-

нять измерения в режиме слежения. С помощью клавиатуры можно управлять встроенным программным обеспечением, обеспечивая решение различных прикладных задач, например, вынос в натуру отметок и расстояний, вычисление отметок, обработку нивелирного хода и др.

Измерения при работе в цифровом режиме можно про-

водить, используя пульт дистанционного управления через инфракрасный порт (19), находящийся в нижней части передней панели нивелира. Слот (7) в корпусе нивелира позволяет устанавливать карту памяти SD, на которую записываются данные в процессе измерений. Этот же слот позволяет подключить флэш-карту для записи готовых результатов измерений.

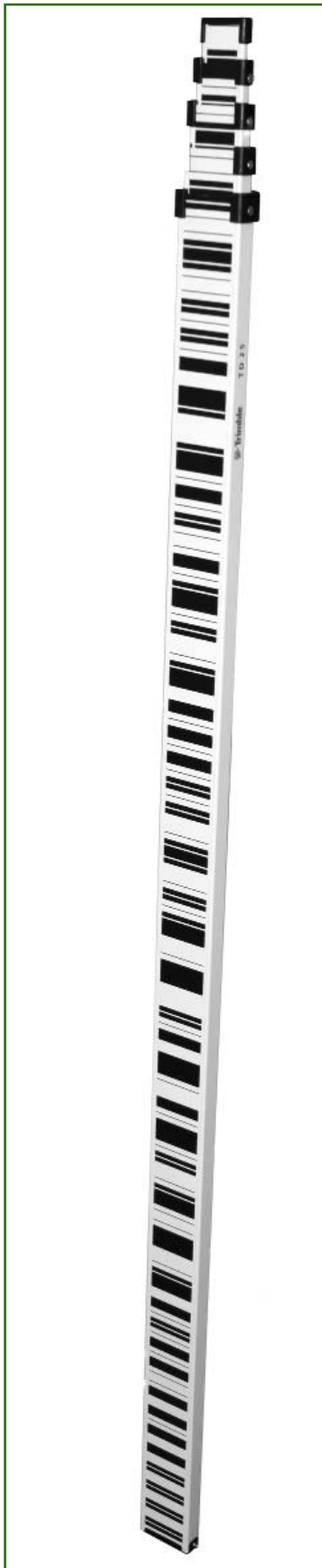


Рис. 37

Рейка алюминиевая со штрих-кодом

Нивелир имеет модуль Bluetooth и антенну для передачи данных (3), что обеспечивает автоматическую связь с другими устройствами, оснащенными Bluetooth, например, контроллером или ноутбуком. Передача данных также осуществляется через коммуникационный порт (26).

Электропитание нивелира в цифровом режиме обеспечивает съемный аккумулятор (4), размещаемый в батарейном отсеке, крышка которого (5) гарантирует его герметичность и защиту от проникновения воды и пыли в полевых условиях.

Цифровые нивелиры позволяют выполнять измерения в диапазоне температуры воздуха от -20 до $+50^{\circ}\text{C}$ (без конденсата).

Следует отметить, что электронные нивелиры значительно расширяют возможности метода геометрического нивелирования и области его применения, обладая следующими, основными преимуществами:

- снижение утомляемости оператора, исключение систематических и случайных ошибок за счет автоматического взятия отсчета по рейке;

- повышение точности измерения превышений, особенно при наличии рефракции воздуха в нижних слоях атмосферы, благодаря многократным измерениям с автоматическим вычислением среднего отсчета;

- выполнение измерений в режиме слежения за счет наличия полностью автономного режима;

- обработка и отображение результатов измерений (превышения, расстояния, высотных отметок, невязок и др.) непосредственно во время измерений;

- автоматическое введение поправок в измеренное превышение за счет наклона визирной оси нивелира.

Давая описание приборов, мы практически не уделили внимания нивелирным рейкам (деревянным двухсторонней и односторонней с шашечными делениями; односторонней, штриховой с инварной полосой; инварной со штрих-кодowymi делениями; фиброглассовой и алюминиевой со штрих-кодowymi и шашечными делениями), качество изготовления и состояние которых во многом определяют точность измерений с помощью нивелира (рис. 37). Описание конструкций реек требует отдельной публикации, особенно для метода геометрического нивелирования, точность которого обеспечивается неразделимым тандемом нивелира и рейки.

Завершая серию публикаций, посвященных средствам измерений, основанным на методе геометрического нивелирования, следует отметить, что этот метод и в настоящее время является основным средством при создании государственной высокоточной нивелирной сети, а нивелир, позволяющий определять нормальные высоты, остается самым востребованным геодезическим инструментом при инженерных изысканиях, обеспечении различных видов строительных работ, при эксплуатации инженерных коммуникаций и особо опасных сооружений.

▼ Список литературы

12. Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение: Учебник для вузов. — М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2011. — 583 с.

13. Каталог геодезических, математических инструментов и чертежных принадлежностей физико-механиков Е.С. Трындына С-вей. — М.: типография П.П. Рябушинского, 1911.

14. Киселев М.В., Колесников Г.В. Некоторые аспекты измерения превышений методом анализа штрихкода // Геопрофи. — 2008. — № 1. — С. 16–20.

15. Topcon Corporation. — <http://www.topcon.co.jp>.