

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. Groшев (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 «Проспект». С 2006 г. по настоящее время — генеральный директор ООО «Информационное агентство «ГРОМ».

▼ Нивелир с контактным уровнем

Среди эффективных средств установки и контроля вертикального и горизонтального положения осей геодезических приборов и, в частности, нивелиров следует отметить жидкостные уровни, которые бывают двух типов: круглые и цилиндрические. Оба типа уровней состоят из ампулы с чувствительным элементом (жидкостью) и оправы для крепления и защиты от внешних воздействий [4].

Круглый уровень используется в различных геодезических инструментах для их предварительной установки в горизонтальной плоскости, а также на нивелирных рейках для контроля их положения по вертикали. Круглый уровень представляет собой стеклянную ампулу в виде вертикального цилиндра диаметром около 20 мм и высо-

той 10–15 мм, заполненную жидкостью. Внутренняя отшлифованная поверхность верхней части ампулы имеет сферическую форму. Ампула в металлической оправе фиксируется гипсом. На поверхности ампулы нанесены, как правило, две концентрические окружности, диаметры которых отличаются на 4 мм (рис. 19). Центр концентрических окружностей называют нульпунктом круглого уровня, а нормаль, проведенную из нульпункта к внутренней сферической поверхности ампулы, — осью круглого уровня. Цена деления круглого уровня равна центральному углу сферической поверхности ампулы между двумя соседними концентрическими окружностями.

Пузырек круглого уровня имеет форму круга, а цилиндрического — прямоугольника с закругленными краями. На

внешней поверхности ампулы цилиндрического уровня нанесена шкала с делениями. Среднюю точку шкалы, совпадающую с наивысшим положением пузырька в ампуле, называют нульпунктом цилиндрического уровня. Касательная линия в нульпункте к дуге внутренней поверхности ампулы уровня является осью цилиндрического уровня. При перемещении пу-



Рис. 19
Круглый уровень (пузырек уровня не находится в нульпункте)

* Продолжение. Начало в «Геопрофи» № 1-2017, с. 50–53 и № 3-2017, с. 48–51. На рисунках представлены фото приборов из коллекции музея ГСИ, раздел «Нивелирование».



Рис. 20

Нивелир Вагнера. Германия, Геттинген, F. Sartorius, A. Berker и L. Tesdorpf, начало XX века



Рис. 23

Нивелир глухой. СССР, Харьков, ЗМИ, 1941 г.

большинстве геодезических приборах цена деления круглого уровня составляет 5–10', а цилиндрического — от 2 до 60" [4].

це, передающее изображение уровня в поле зрения, сделать составным (рис. 21).

Именно «разрезанный» или «контактный уровень», являясь более эффективным и удивительно простым решением, нашел наибольшее распространение в глухих нивелирах. Благодаря системе призм, изображение противоположных концов пузырька цилиндрического уровня передается в дополнительный окуляр, расположенный слева от окуляра зрительной трубы (рис. 22), либо в поле зрения трубы нивелира (рис. 23). Для того, чтобы пузырек цилиндрического уровня занял среднее положение (оказался в нульпункте), достаточно совместить верхние кромки «разрезанного» уровня (рис. 24). Контактный уровень, кроме сокращения промежутка

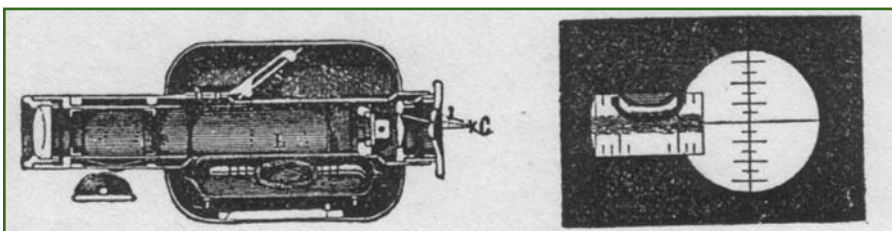


Рис. 21

Конструктивная схема нивелира Вагнера и изображение поля зрения с пузырьком уровня [9]



Рис. 22

Нивелир глухой. СССР, Киев, Арсенал, 1947 г.

пузырька цилиндрического уровня на одно деление, ось уровня отклоняется от исходного положения на угол, который называется ценой деления уровня. В

В описанных ранее конструкциях нивелира технология измерений предусматривала, что сначала пузырек цилиндрического уровня устанавливается в нульпункт, а затем берется отсчет по рейке. Поскольку эти операции выполнялись не одновременно, пузырек цилиндрического уровня при отсчете по рейке мог сместиться с нульпункта. Для сокращения промежутка времени между этими операциями и контроля положения пузырька уровня при отсчете в некоторых конструкциях нивелиров в начале XX века изображение пузырька уровня передавалось в поле зрения трубы (рис. 20). На схеме можно видеть конструктивное приближение к «разрезанному» уровню — достаточно зеркаль-

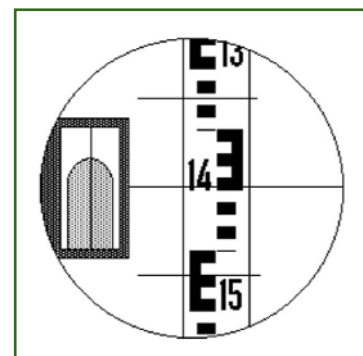


Рис. 24

Изображение контактного уровня в поле зрения трубы

времени между приведением пузырька уровня в нульпункт и взятием отсчета по рейке, позволяет повысить точность установки уровня в нульпункт в 5–6 раз, благодаря свойству глаза оценивать с большей точностью совмещение двух штрихов — одного на продолжении другого [4].

У нивелира на рис. 23 наглядно представлено конструктивное решение контактного уровня с призмами, передающими изображение противоположных концов уровня в поле зрения трубы. Это редкий пример «экзоскелета» — оптическая схема контактного уровня «вышла наружу». Контактный уровень нашел широкое распространение в технических, точных и высокоточных оптико-механических нивелирах, при этом оптическая труба и контактный уровень закрывались единой коробкой-кожухом. Один из таких нивелиров — НВ-1 (рис. 25), благодаря небольшим габаритам и весу, а главное, надежности при измерениях, нашел широкое применение при инженерных изысканиях и обеспечении строительства различных объектов.

▼ Нивелиры с компенсатором

Революционные изменения в конструкцию нивелиров внесло изобретение компенсатора — приспособления для автоматического «удержания» линии визирования в горизонтальном положении. Приборы такого типа также называют нивелирами с самоустанавливающейся линией визирования [10–12]. Цилиндрический уровень заменен автоматическим устройством, позволяющим установить в горизонтальное положение визирную ось при угле ее наклона в несколько минут. Поэтому все нивелиры с компенсатором имеют круглый уровень повышенной точности (с ценой деления до 4') для грубого приведения визирной оси

нивелира в горизонтальное положение [11].

Наличие у нивелира компенсатора значительно повышает производительность измерений, сокращая время работы до 40%. Преимуществом данного типа нивелиров является также сравнительно малая чувствительность компенсатора к изменениям температуры, что повышает точность и, в ряде случаев, не требует защиты прибора от воздействия прямых солнечных лучей.

Подвеска чувствительного элемента компенсатора нивелира может быть на нитях, плоской пружине, торсионах, шарикоподшипниках, магнитах.

Для надежного отсчета по рейке нивелиром с самоустанавливающейся линией визирования необходимо, чтобы колебания чувствительных элементов компенсатора прекращались в течение короткого промежутка времени, по возможности, в течение долей секунды. Затухание колебаний обеспечивают демпферы, которые могут быть воздушными или магнитными. В компенсаторах маятникового типа используются как магнитные, так и воздушные демпферы.

Первыми нивелирами с самоустанавливающейся линией визирования можно считать маятниковые нивелиры-ватерпасы с диоптрами. Затем появились маятниковые нивелиры со зрительной трубой. Описание такого типа прибора приведено в работе [9]: «... маятниковый ватерпас Пикара (XVII век) состоял из зрительной трубы и коробки с маятником, имевшим длину 1,3 м. Под зрительной трубой находился дугообразный стержень, который скользил по опорам, давая возможность привести маятник в отвесное положение, а трубу — в горизонтальное положение. Опоры укреплялись на переносной подставке. Таким прибором



Рис. 25
Нивелир НВ-1. СССР, Изюм, Приборостроительный завод, 1962 г.

можно было измерять углы наклона визирной линии, пользуясь транспортиром с минутными делениями».

Схожая конструкция была применена в маятниковом нивелире Гулье, предназначенном для работы на рудниках (рис. 26), общий вид которого приведен на рис. 27.

Чувствительные элементы компенсаторов, положение которых было связано с направле-

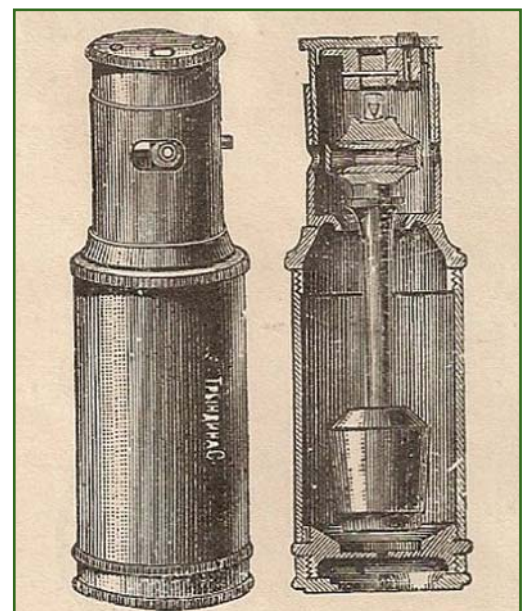


Рис. 26
Конструктивная схема нивелира Гулье [13]

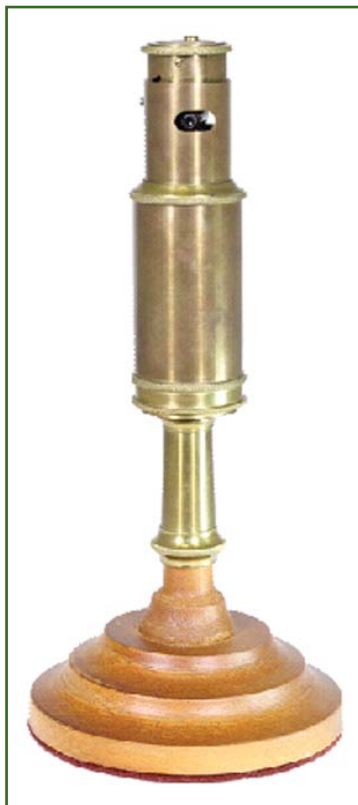


Рис. 27
Нивелир Гулье. Франция, Париж, G.R. Pastourelli, начало XX века

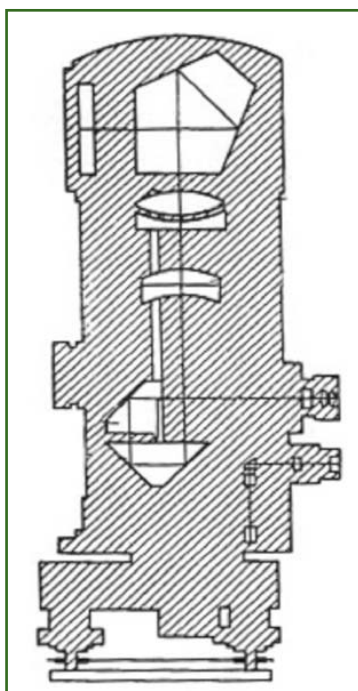


Рис. 28
Схема нивелира с перископической трубой и компенсатором маятникового типа (<http://studopedia.org>)

нием действия силы тяжести, нашли широкое распространение в нивелирах с самоустанавливающейся линией визирования во второй половине XX века. Компенсаторы можно разделить по типу чувствительных элементов на маятниковые, жидкостные и оптические. В геодезических приборах, в частности, в нивелирах, наибольшее распространение нашли оптико-механические компенсаторы маятникового типа: линзовые, зеркальные и призмные. Как показано на схеме (рис. 28), в нивелирах с перископической трубой наиболее удобен компенсатор маятникового типа для автоматической установки зрительной оси прибора в горизонтальное положение. Общий вид нивелира с перископической трубой и самоустанавливающейся линией визирования приведен на рис. 29.

Было разработано и выпущено большое количество нивелиров с различными типами компенсаторов (согласно [11], более 70), поэтому любое разделение компенсаторов по видам весьма условно. Например, оптико-механические компенсаторы можно сгруппировать в соответствии с их расположением в оптической системе трубы нивелира: перед объективом, между основным и фокусирующим компонентами телеобъек-



Рис. 29
Нивелир с перископической трубой Ni-D1. Венгрия, Будапешт, MOM (Венгерские оптические заводы), 1960–1970-е гг.

тива, между фокусирующей линзой и сеткой нитей. Кроме того, с точки зрения функционального назначения чувствительный элемент компенсатора может выполнять одну из следующих функций: сетки нитей зрительной трубы, объектива трубы или дополнительного компонента оптической системы (рис. 30).

В настоящее время нивелиры с компенсатором также называют автоматическими оптическими нивелирами. Они имеют вы-



Рис. 30
Нивелир НЗК с компенсатором и внутренней фокусировкой. СССР, Харьковский завод точного приборостроения «Точприбор», 1987 г.



Рис. 31
Автоматический оптический нивелир Sokkia B40, 2009 г.

сокую степень защиты от воздействия окружающей среды. Это значительно повышает надежность получаемых результатов, облегчает труд исполнителей и экономит рабочее время. Один из наиболее распространенных автоматических оптических нивелиров приведен на рис. 31.

Рассмотрим подробнее отдельные конструктивные элементы этой модели нивелира и его компенсатора (рис. 32).

В нижней части корпуса нивелира (6) расположен лимб (15), опирающийся на трегер (17) с тремя подъемными винтами (16); справа и слева, ближе к объективу, — ручки бесконечного наводящего винта (14). На горизонтальной площадке корпуса, слева от окуляра (5), с защитной крышкой (4), установлен круглый уровень (19) и зеркало (18) для контроля положения пузырька в нульпункте.

В верхней части корпуса нивелира, справа от окуляра, расположен винт кремальеры (13) для наведения объектива трубы на резкость при отсчете по рейке.

Внутри корпуса нивелира размещены отрицательная линза (7), фокусирующая трубка (8), объектив (9) и бленда (10), которые со стороны объектива

тотая фиксируется кожухом компенсатора (1).

Компенсатор нивелира состоит из маятника (3а) с магнитным демпфером (3б) и двумя боковыми ограничителями (3в). Зеркало (3д) и призмный блок (3г) крепятся к маятнику с помощью торсионов (3е).

Продолжение следует

▼ **Список литературы**

9. Богуславский Н.А. Курс геодезии и приложение ее к изысканиям путей сообщения. — СПб.: типография Ю.Н. Эрлиха, 1914.
10. Кочетов Ф.Г. Нивелиры с компенсаторами. — М.: Недра, 1985.
11. Деймлих Ф. Геодезическое инструментоведение: пер. с нем. — М.: Недра, 1970. — 584 с.



Рис. 32
Общая схема автоматического оптического нивелира Sokkia B40

защищены от внешних воздействий кожухом (11), соединенным с корпусом нивелира рамкой (12).

К корпусу нивелира в верхней части со стороны окуляра крепится компенсатор с магнитным демпфером (3) и накрывается защитной крышкой (2), ко-

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.