

# 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».

**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 ЗАО «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 «Перспект». С 2006 г. по настоящее время — генеральный директор ООО «Информационное агентство «ГРОМ».

## ▼ Оптико-механические нивелиры

Принципиальные изменения в конструкции геодезических приборов, включая нивелир, произошли после изобретения в 1609 г. зрительной трубы Галилео Галилеем (1564–1642) и добавления в 1611 г. Иоганном Кеплером (1571–1630) в поле зрения трубы сетки нитей, представляющую собой пересекающиеся горизонтальную и вертикальную нити. Первым, кто воспользовался достоинствами зрительной трубы с сеткой нитей при геодезических измерениях, считается Жан Пикар (1620–1682), который «снабдил прицельное устройство своего квадранта не открытыми диоптрами, а линзами и сеткой нитей» [5].

Остановимся коротко на особенностях зрительной трубы с внешней фокусировкой. Геомет-

рическая ось астрономической трубы или трубы Кеплера, проходящая через две точки — оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей, является визирной осью. Такая конструкция позволяла, с одной стороны, однозначно зафиксировать визирную ось зрительной трубы относительно ее корпуса, а с другой — определять ее высотное положение по расположению горизонтальной линии сетки нитей на рейке, находящейся на значительном расстоянии от прибора (50 и более метров). Подробнее с конструкцией зрительной трубы, предложенной И. Кеплером, можно познакомиться в работе [5].

Точной даты создания первого нивелира со зрительной трубой для геометрического нивелирования (горизонтальным лучом) нам обнаружить не удалось (авторы и редакция будут признательны тем, кто владеет

этой информацией и готов поделиться ею на страницах журнала). Можно предположить, что конструкции нивелиров со зрительной трубой появились вначале XIX вв. Так, согласно [6], первое применение нивелира со зрительной трубой для определения высот точек местности горизонтальным лучем визирования на больших территориях было осуществлено во Франции, в 1857–1864 гг., инженером Бурдалю.

В России, в 1871 г., Г.К. Бауэр (1796–1882), заведующий механическими мастерскими Пулковской обсерватории, изготовил оригинальный геодезический инструмент нивелир-теодолит. При нивелировании его зрительная труба вместе с алидадным кругом перекадывалась на 180° как у нивелиров с перекадной трубой [7]. В 1871–1872 гг. геодезисты Корпуса военных топографов — ка-

\* Продолжение. Начало в «Геопрофи» № 1-2017, с. 50–53.



Рис. 8

Нивелир с перекладной трубой типа Эго (по имени изобретателя). Франция, DROUHIN CONSTRUCTEUR, конец XIX века — начало XX века



Рис. 10

Нивелир с буссолью и перекладной трубой типа Эго. Англия, Лондон, Vauz, середина XIX века

питан Н.Я. Цингер и поручик М.А. Савицкий с помощью этого нивелира-теодолита выполняли точное геометрическое нивелирование вдоль Балтийской и Санкт-Петербургско-Варшавской железных дорог [6].

Следует отметить, что нивелиры также изготавливались в мастерских Военно-топографического отдела (ВТО) Главного штаба. В 1875 г. выпускался нивелир с перекладной трубой с увеличением 40 крат под маркой ВТО-I, сетка нитей которого состояла из одной вертикальной и трех горизонтальных нитей. По предложению военного геодезиста Д.Д. Геденова (1854–1908) с 1883 г. в этих мастерских стали изготавливать нивелиры с перекладной трубой и уровнем при трубе — ВТО-II [7].

#### ▼ Нивелиры с перекладной трубой

В XIX веке нашли широкое распространение нивелиры, выпускавшиеся в разных странах, но имевшие одну конструкцию, получившую название «французской» [8]. Ее можно описать так: на трегере с тремя подъемными винтами крепится подставка с цилиндрическим уровнем, на краях подставки имеются вилкообразные опоры — «лагеры» (иногда их называют «цапфы»), в которые перед измерением превышения двумя вариантами укладывается и закрепляется зрительная труба. В первом варианте объектив трубы находится слева от подставки, а во втором — справа. При этом направление визирования меняется не поворотом подставки на 180°, а только изменением положения трубы в лагерах. В российской геодезической литературе такие нивелиры получили наименование — нивелиры «с перекладной трубой и уровнем при подставке». Конечной целью такой конструкции являлась возможность повысить точность измерения превышений. Достаточно было расположить нивелир в створе между измеряемыми точками местности и на равном расстоянии до них, навести трубу на точку, например, справа от нивелира, добиться горизонтального положения оптической оси нивелира по линии визирования, сфокусировать трубу и взять отсчет по рейке. Затем одним

движением руки переложить трубу на 180° в лагерах и взять отсчет по рейке справа от нивелира.

Нивелир с перекладной трубой описанной выше конструкции приведен на рис. 8.

Кроме конструкции, называемой «французской», были и другие: «немецкая», где цилиндрический уровень располагался под зрительной трубой и жестко к ней крепился, и «швейцарская» — с уровнем, размещаемым на зрительной трубе [8]. Преимущество последних двух конструкций перед «французской» очевидно: зрительная труба может иметь наклон при переключении на «строгий горизонтальных лагерах», а наличие уровня при трубе позволит сразу выявить эту ошибку.

Нивелир с перекладной трубой «немецкой» конструкции и уровнем при трубе из музея ГСИ приведен на рис. 9. Особенность этого нивелира — выдвигной объектив, а не окуляр, и круглая подставка с четырьмя подъемными винтами. Длины трубы и уровня говорят о том, что данный нивелир можно отнести к классу прецизионных.

На территориях с небольшими перепадами высот нивелиры широко использовались при вертикальной съемке местности, разбивочных работах и заданиях направлений. Для этих целей они дополнялись средствами ориентирования, например, буссолью, которая жестко крепи-



Рис. 9

Нивелир с перекладной трубой и уровнем при трубе с выдвигным объективом. США, Нью-Йорк, Keuffel & Esser Co., 1891–1892 гг.

лась на подставке (рис. 10). Применение буссоли для определения азимута направления визирования оказалось полезной функцией при работе с нивелирами с перекладной трубой.

Как отмечается в [8], нивелиры с перекладной трубой находили применение до середины XX века.

#### ▼ Нивелиры глухие

При эксплуатации точность нивелиров с перекладной трубой снижалась, так как ложементы лагеров изнашивались или загрязнялись во время полевых работ, что сразу приводило к нарушению горизонтального положения визирной оси зрительной трубы. Постоянное повышение требований к точности измерения превышений методом геометрического нивелирования ставило перед конструкторами задачу разработки новых решений. И после десятилетий поиска была предложена новая конструкция, получившая достаточно простое, но лаконичное терминологическое определение — «нивелир глухой». Название строго соответствовало конструктивному расположению трех основных узлов нивелира — зрительной трубы, цилиндрического уровня и подставки, которые были «соединены между собой наглухо, без возможности каких-либо переключений» [5].

Глухие нивелиры начали изготавливаться в начале XX века и постепенно вытеснили нивелиры с перекладной трубой. На рис. 11 изображен один из первых глухих нивелиров.

Перед началом измерений ось вращения глухого нивелира должна быть установлена в отвесное положение по круглому уровню подставки. Для этого использовались три подъемных винта подставки нивелира — трегера (рис. 12). Это позволяло грубо привести визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение, а точную установку осуществить по



Рис. 11

*Нивелир глухой с выдвигаемым объективом и тремя съемными ножками. США, Нью-Йорк, Keuffel & Esser Co., 1914–1915 гг.*

цилиндрическому уровню при взятии отсчета по рейке.

Как отмечалось выше, ось зрительной трубы является визирной осью нивелира и закрепляется сеткой нитей. При изготовлении горизонтальная нить сетки нитей устанавливалась перпендикулярно оси вращения нивелира. Однако в процессе транспортировки прибора могло произойти смещение диафрагмы с сеткой нитей относительно корпуса трубы. Поэтому для контроля этого условия проводилась проверка, и при необходимости выполнялось исправление положения горизонтальной сетки нитей с помощью юстировочных винтов (рис. 13).

Особенностью глухих нивелиров является жесткое соединение цилиндрического уровня со зрительной трубой. После приведения пузырька цилиндрического уровня в нульпункт с помощью элевационного винта визирная ось должна была занять горизонтальное положение, т. е. стать параллельной оси цилиндрического уровня. Это условие обеспечивал завод-изготовитель, но в процессе эксплуатации из-за механических повреждений, изменений температуры и других факторов оно могло не соблюдаться. Поэтому перед началом полевых работ обязательно выполняли проверку параллельности визир-

ной оси зрительной трубы к оси цилиндрического уровня и добивались соблюдения этого условия юстировочными винтами цилиндрического уровня или сетки нитей.

Как и нивелиры с перекладной трубой, так и глухие нивелиры часто использовались для



Рис. 12

*Подъемные винты подставки нивелира*



Рис. 13

*Юстировочные винты сетки нитей нивелира*

**Рис. 14**

Нивелир с горизонтальным кругом. США, Гаррисбург, Harrisburg Blue Print Co., начало XX века

**Рис. 15**

Измерение горизонтального угла

высотной съемки территорий. Такая съемка выполнялась по заранее закрепленным на местности точкам или непосредственно в процессе нивелирования. Для этих целей изготавливались нивелиры с горизонтальным кругом, состоящим из лим-

**Рис. 16**

Винт кремальеры, расположенный на зрительной трубе

ба, закрепленного на подставке, и алидады, расположенной соосно с лимбом и вращающейся вместе с трубой (рис. 14). Лимб (от лат. *limbus* — кайма, полоса) представляет собой металлический круг с градусными делениями, а алидада — пластину с нанесенным на ней штрихом для отсчета значений горизонтальных углов (рис. 15). Горизонтальный круг дал дополнительную полезную функцию нивелиру — возможность измерения горизонтальных углов. Следует отметить, что в этой конструкции нивелира на зрительной трубе расположен винт кремальеры (от франц. *cremaillere* — зубчатая рейка), позволяющий при его вращении добиться четкого изображения делений рейки (рис. 16).

Для удобства контроля положения пузырька цилиндрического уровня при измерении превышения в глухих нивели-

рах, а ранее и в нивелирах с перекладной трубой, использовалось простое и удобное решение — откидное зеркало, закрепленное над цилиндрическим уровнем (рис. 17). Наблюдателю было видно положение пузырька цилиндрического уровня не только сбоку от нивелира, но и со стороны окуляра (рис. 18). Но и в этом случае, при взятии отсчета по рейке, наблюдая в окуляр зрительной трубы, необходимо было отвлекаться на контроль положения пузырька цилиндрического уровня.

**Рис. 18**

Положение пузырька со стороны окуляра, которое отражается в зеркале

*Продолжение следует*

#### ▼ Список литературы

5. Кусов В.С. Измерение Земли: История геодезических инструментов / В.С.Кусов; Московский гос. у-т геодезии и картографии. — М.: Дизайн. Информация. Картография, 2009. — 256 с.

6. Глушков В.В. История военной картографии в России (XVIII — начало XX в.). — М.: ИДЭЛ, 2007. — 528 с.

7. Яровой Б.Д. Краткий очерк развития геодезического инструментостроения в СССР / Под общей редакцией С.В. Елисеева — М.: Издательство геодезической литературы, 1955. — 96 с.

8. Соловьев С.М. Курс низшей геодезии / 3-е дополненное и исправленное изд. — М.: Типо-литогр. Ю. Венера, 1914. — 1432 с.

**Рис. 17**

Нивелир с откидным зеркалом над цилиндрическим уровнем. Carl Zeiss, Jena, Германия, 1930–1940-е гг.