

На основе музейной коллекции ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» (далее — музей ГСИ) творческим коллективом компании ГСИ создан комплекс учебных презентаций по истории развития геодезических инструментов, приборов и оборудования. В этом номере мы начинаем серию публикаций, подготовленных с использованием этих материалов.

Первый экспонат музея ГСИ был приобретен в начале 1995 г. За 22 года коллекция значительно расширилась, что позволило создать интересную экспозицию, содержащую около 500 наименований. Она объединяет различные средства измерений для геодезических, топографических, маркшейдерских и картографических работ с начала IX века до конца XX века и дает представление о их конструктивных особенностях.

Коллекция приборов включает пять основных разделов:

- мензурная (или графическая) съемка (около 30 экспонатов);
- линейные измерения (около 60);
- нивелирование (около 90);
- угломерные измерения (около 110);
- специальные работы (около 160), в том числе картографические и чертежные (около 60).

С основной частью экспозиции можно ознакомиться на сайте www.gsi.ru в разделе «О нас», подраздел «Музей».

Используя имеющиеся в музее ГСИ приборы, картографические и печатные материалы, делается попытка проследить основные этапы эволюции геодезического приборостроения. Надеемся, что представленная информация будет интересна читателям журнала: специалистам, преподавателям, студентам и просто любителям истории.

К сожалению, на страницах периодического издания невозможно разместить все материалы музея ГСИ, поэтому заинтересованные читатели могут ознакомиться с рубрикой «Создание и развитие основных типов геодезических инструментов» в подразделе «Музей» на сайте www.gsi.ru или посетить музей ГСИ лично.

Первая статья этой серии публикаций посвящается одному из самых «простых» и наиболее востребованных геодезических инструментов, предназначенных для геометрического нивелирования — нивелиру.

Редакция журнала

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 института 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». С 1971 г. 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».

Нивелирование — это процесс измерения превышений между двумя точками относительно уровневой поверхности. Существуют различные методы нивелирования: геометрическое, тригонометрическое, барометрическое, гидростатическое, гидромеханическое и др. В данной статье будет рассмотрена эволюция развития инструментов, реализующих метод геометрического нивелирования.

Геометрическое нивелирование позволяет измерить превышение $HВ$ между двумя точками A и B на земной поверхности относительно горизонтальной линии DE , задаваемой (фиксируемой) в пространстве инструментом C (рис. 1). Конструкция инструмента обеспечивает главное условие метода геометрического нивелирования — линия визирования, от которой измеряют вертикальные расстояния DA до точки A и EB до точки B , должна находиться в горизонтальной плоскости.

Как отмечается в различных словарях иностранных слов, термин «нивелирование» произошел от французского «niveler», что означает выравнять, а название прибора — «нивелир» от французского «niveau». Основное назначение нивелира — обеспечивать горизонтальное положение линии визирования при взятии отсчетов по рейкам.

▼ Первые конструкции механических нивелиров

В эпоху эллинизма (323–30 гг. до н. э.) — особого этапа в развитии древнегреческой культуры инструментарий землемера достиг высокого уровня развития. В арсенале землемера, кроме диоптры и громы, предназначенных для разбивки на местности перпендикулярных и параллельных линий, был хоробат — точный инструмент, реализующий метод геометрического нивелирования [1]. Чертежей этого

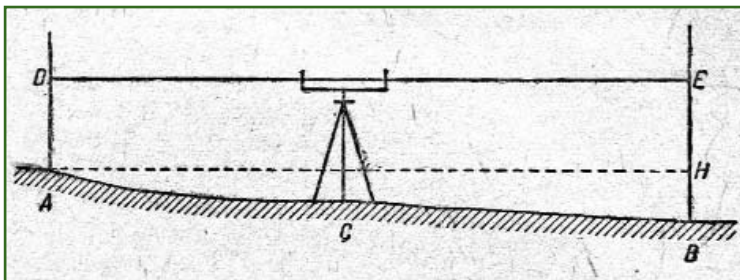


Рис. 1
Принцип геометрического нивелирования

инструмента не сохранилось, но имеется его описание, данное Витрувием в трактате «Десять книг об архитектуре» (Vitruvius «De architectura libri decem»). В главе V. Нивелировка и нивелирные инструменты VIII книги [2] он так его описывает: «Хоробат же представляет собой линейку длиной около двадцати футов. На самых концах ее находятся точно выровненные друг с другом ножки, врезанные в концы линейки под прямым к ней углом; под линейкою и между ножками вставлены на шипах поперечные рейки с точно проведенными на них отвесными линиями, над каждой из которых свисают отдельные отвесы, которые, когда линейка установлена ровно, ровно и одинаково касаясь проведенных линий, указывают на горизонтальную установку прибора. Если же бу-

дет мешать ветер и, вследствие колебания на ней отвесов, они не в состоянии будут дать точных указаний, то на этот случай в верхней части хоробата должен иметься желобок длиной в пять футов, шириною в дюйм и глубиною в полтора дюйма. Его наливают водой, и если вода равномерно будет касаться краев желобка, то будет известно, что прибор установлен горизонтально. Когда таким образом посредством хоробата произведена нивелировка, будет известен угол падения воды».

В работе [1] приводится иллюстрация реконструкции хоробата в виде бруса длиной 6 м с желобом в центре для водяного уровня, двумя отвесами и визирами на его противоположных концах (рис. 2). Отмечается, что для своего времени он был достаточно точным инструментом,

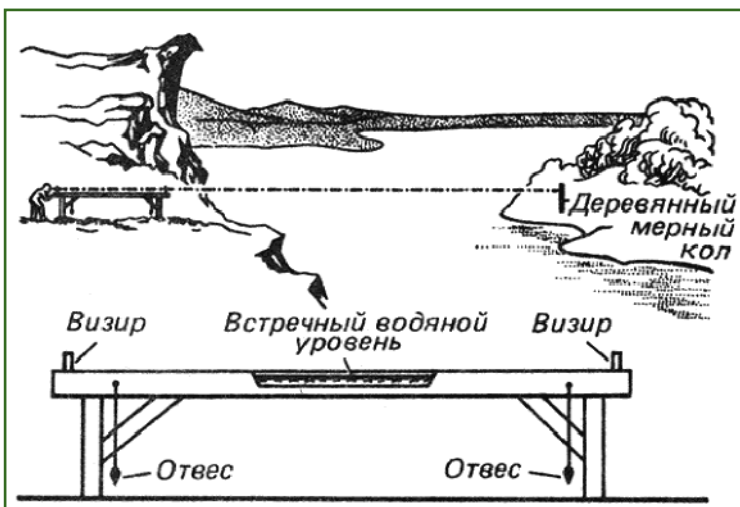


Рис. 2
Иллюстрация реконструкции хоробата [1]



Рис. 3

Нивелир водяной. Франция, Париж, CABASSOLON, конец XIX века — начало XX века

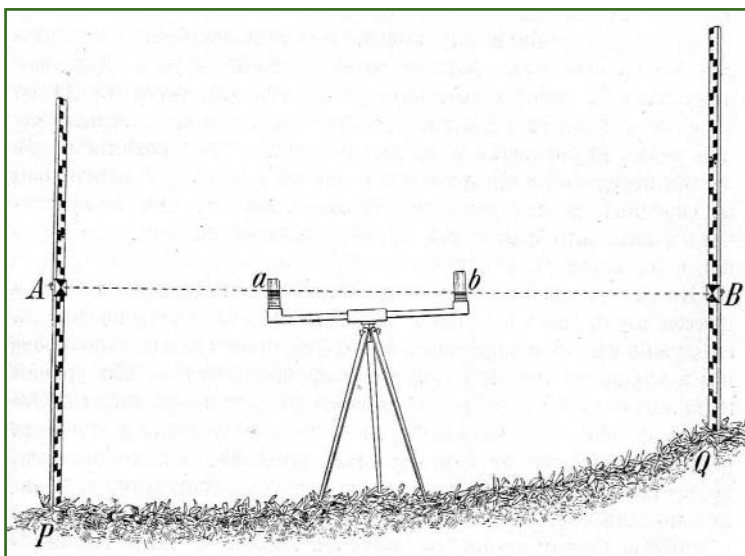


Рис. 4

Определение превышения водяным нивелиром

реализующим принцип геометрического нивелирования.

Во II веке до н.э. Герон Александрийский в трактате «О диоптрах» сообщил сведения о водяных нивелирах, применявшихся в то время и состоявших из двух сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью, с диоптрами и рейками.

Дальнейшее упоминание о водяных нивелирах, основанных на законах гидростатики, встречается только в эпоху Возрождения (XIV–XVI века) [3]. Принцип их действия остался тот же, но вид несколько изменился. Соединительная металлическая трубка имела посередине гильзу для насадки на цапфу штатива, а в ее концы, загнутые перпендикулярно, были

вставлены стеклянные колбы, как правило, одинакового диаметра. Нивелиры, представляющие собой латунную трубку со стеклянными колбами на концах, применялись до начала XX века. Один из таких нивелиров, находящийся в музее ГСИ, изображен на рис. 3.

Поскольку уровень жидкости в сообщающихся сосудах водяного нивелира всегда находится в одной горизонтальной плоскости, то при определении превышения между точками местности (рис. 4) визирование на рейки проводилось по уровням воды в его колбах (рис. 5). Погрешность взятия отсчета, а следовательно и точность измерения превышения между точками P и Q (рис. 4), в значительной

степени зависела от расстояния до реек и опыта наблюдателя. Поэтому водяной нивелир не нашел широкого применения как инструмент для измерения превышений методом геометрического нивелирования. Дальнейшее совершенствование конструкции позволило создать нивелиры для гидростатического и гидромеханического методов нивелирования [3].



Рис. 5

Визирование на рейки по уровням воды в колбах водяного нивелира

▼ Цилиндрический уровень

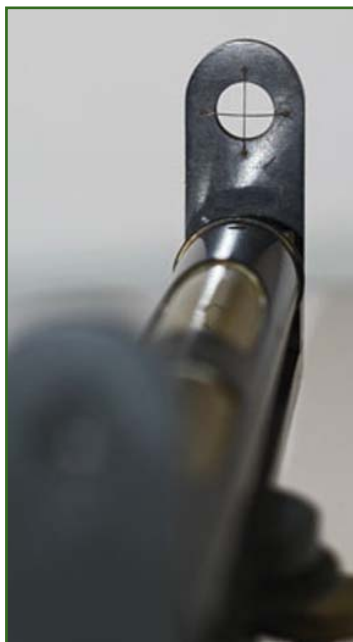
Значительным шагом в совершенствовании приборов для измерения превышений методом геометрического нивелирования стало появление ци-

**Рис. 6**

Алидада с уровнем и диоптрами, вращающаяся на штативной подставке с подъемными винтами. Англия, Лондон, Elliott Bro-s, середина XIX века

линдрического уровня, изготовленного в 1662 г. французским механиком М. Тевено. Цилиндрический уровень представляет собой стеклянную трубку (ампулу), внутренняя поверхность которой в вертикальном продольном разрезе имеет вид дуги круга радиусом от 3,5 до 200 м. При изготовлении уровня ампулу заполняют легкоподвижной жидкостью, нагревают и запаивают. После охлаждения внутри ампулы образуется небольшое пространство, заполненное парами жидкости, которое называют пузырьком уровня. К материалу уровня (стеклу) и составу жидкости предъявляются особые требования. Так, для уровня предпочтительнее тугоплавкое стекло — пирекс, которое лучше сохраняет геометрию поверхности после обработки. Жидкость, заполняющая внутреннюю полость уровня, не должна взаимодействовать со стеклом, но при этом должна быстро гасить колебания (спирт, эфир, октан), причем затухание лучше у эфира [4]. Для защиты от повреждений ампула заключается в металлическую оправу, заполненную гипсом.

Простейший нивелир, представляющий собой алидаду с цилиндрическим уровнем и двумя диоптрами, приведен на

**Рис. 7**

Вид предметного диоптра со стороны глазного диоптра

рис. 6. Алидада вращается в горизонтальной плоскости относительно подставки с тремя подъемными винтами, которая крепится к штативу. Цилиндрический уровень большой длины и малой кривизны повышает чувствительность инструмента к наклону в горизонтальной плоскости, а подставка с подъемными винтами обеспечивает его устойчивость. Два диоптра (от греч. *dioptra, dia* — насквозь,

optein — смотреть) закреплены перпендикулярно к плоскости алидады, напротив друг друга. Ближний к наблюдателю диоптр, называемый глазным, имеет отверстие небольшого диаметра, а противоположный диоптр, называемый предметным, — отверстие большего диаметра, в котором вертикально и горизонтально закреплены две тонкие металлические проволоочки, образующие перекрестие (рис. 7). Таким образом, пара диоптров фиксировала линию визирования инструмента, которая устанавливалась в горизонтальной плоскости по уровню с помощью подъемных винтов. Наблюдатель, глядя в глазной диоптр, поворачивал алидаду до тех пор, пока перекрестие в предметном диоптре не совпадало с осью рейки, после чего брал отсчет по рейке.

Большинство исследователей относят геодезические приборы, включая нивелир, к классу оптико-механических при наличии «оптики», т. е. зрительной трубы с системой линз, поэтому такую конструкцию алидады с уровнем и диоптрами можно считать началом этапа перехода от механических нивелиров к оптико-механическим, поскольку пара диоптров уже выполняет роль зрительной трубы с сеткой нитей.

Продолжение следует

▼ Список литературы

1. Словарь античности / Пер. с нем. — М.: Прогресс, 1989. — 704 с.
2. Витрувий Марк Поллион. Десять книг об архитектуре / Пер. Ф.А. Петровского. — М.: Изд-во Всесоюзная Академия Архитектуры, 1936. — 331 с.
3. Васютинский И.Ю. Гидронивелирование. — М.: Недра, 1983. — 180 с.
4. Елисеев С.В. Геодезические инструменты и приборы. Основы расчета, конструкции и особенности изготовления. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Недра, 1973. — 392 с.