

Н. С. ВИНОГРАДОВ, Е. А. ВОРОНЦОВ

## ОПТОВОЛОКОННЫЙ БАЗИС ДЛЯ ПОВЕРКИ ДАЛЬНОМЕРНОГО БЛОКА ТАХЕОМЕТРА

Приводится описание конструкции геодезического базиса. В качестве базисных линий для поверки дальномерного блока тахеометра применяется оптическое волокно.

*Ключевые слова:* тахеометр, поверка, лазерный дальномер, оптическое волокно, базис.

Тахеометр — прибор, позволяющий осуществлять тахеометрическую съемку для дальнейшего построения плана рельефа местности [1]. Как и многое другое геодезическое оборудование, в последние годы он активно совершенствовался, в результате тахеометр стал универсальным геодезическим инструментом, совмещающим в себе функции дальномера и теодолита.

С помощью тахеометров проводится:

- определение высоты недоступного для непосредственных измерений объекта и расстояния от наблюдателя до точки на местности;
- выполнение измерений относительно базовых линий;

- выполнение обратной засечки;
- определение координат той или иной точки и др.

Тахеометр оснащен дальномерным блоком, использование безотражательного дальномера позволяет проводить измерения труднодоступных целей без участия оператора.

С помощью прибора определяется время, за которое лазерный луч от геодезического инструмента доходит до отражателя и поступает обратно (рис. 1).

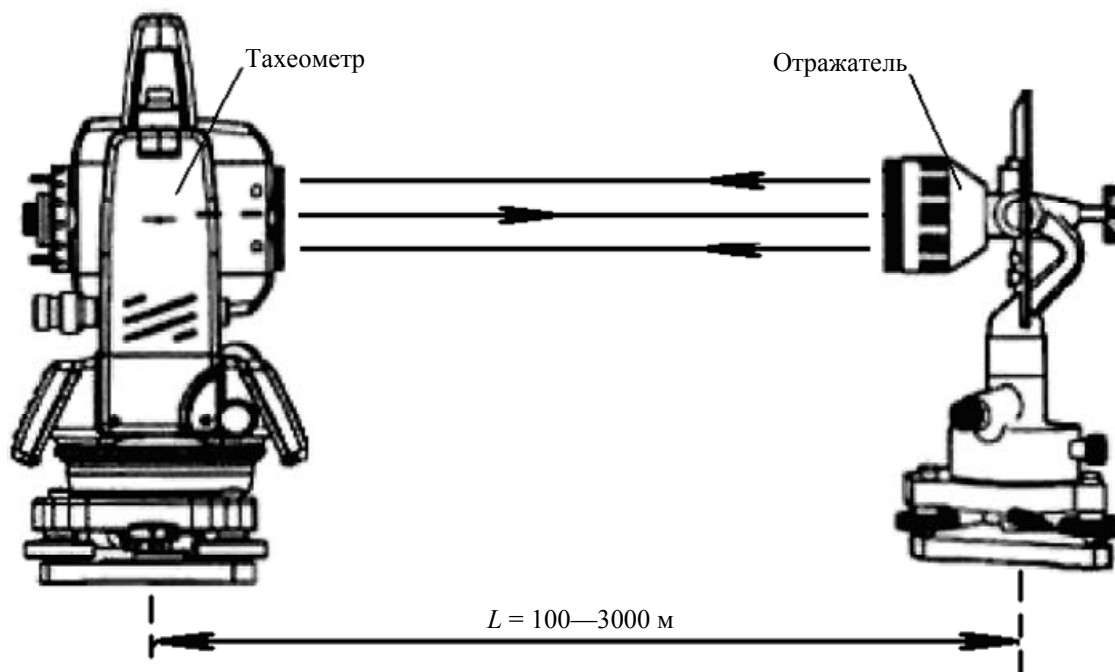


Рис. 1

Электромагнитное излучение распространяется в среде с постоянной скоростью, что позволяет определять расстояние до объекта [2]. Так, при импульсном методе дальнометрии используется следующее соотношение:

$$L = \frac{ct}{2},$$

где  $L$  — расстояние до объекта;  $c$  — скорость распространения излучения;  $t$  — время прохождения импульса до цели и обратно.

Из этого соотношения следует, что потенциальная точность измерения дальности определяется точностью измерения времени прохождения импульса энергии до объекта и обратно. Задача определения расстояния между дальномером и целью сводится к измерению соответствующего интервала времени между зондирующим сигналом и сигналом, отраженным от цели. Различают три метода измерения расстояния в зависимости от того, какой характер модуляции лазерного излучения используется в дальномере: импульсный, фазовый или фазоимпульсный.

Сущность импульсного метода дальнометрии состоит в том, что к объекту посылают зондирующий импульс, он же запускает временной счетчик в дальномере. Когда отраженный объектом импульс поступает на фотоприемник дальномерного блока, он останавливает работу счетчика. По временному интервалу (задержке отраженного импульса) определяется расстояние до объекта.

При фазовом методе дальнометрии лазерное излучение формируется по синусоидальному закону с помощью модулятора. Обычно используют синусоидальный сигнал с частотой 10—150 МГц (измерительная частота). Отраженное излучение попадает в приемную

оптику и фотоприемник, в которых выделяется модулирующий сигнал. В зависимости от расстояния до объекта изменяется фаза отраженного сигнала относительно фазы сигнала в модуляторе. Измерив разность фаз, можно рассчитать расстояние до объекта. Технические особенности прибора определяют возможную дальность измерений. Так, приборы с отражательным дальномером при одном установленном призмическом отражателе могут измерять расстояния до 5 км. Безотражательные дальнометры работают в диапазоне до 1,5 км. Кроме того, на данную характеристику геодезического прибора влияет воздействие внешних факторов окружающей среды: влажность, температура, давление и пр.

Тахеометр является средством измерения (СИ), которое, как и любое другое СИ, зарегистрированное в Государственном реестре средств измерений, подвергается метрологическому контролю. Поверке подвергается как угломерная, так и дальномерная часть тахеометра. В настоящее время для поверки дальномерного блока тахеометра используется *базис эталонный* [3]. Согласно ОСТ 68-15-2001, *базис эталонный* — геодезический стенд для поверки дальномеров, содержащий одну линию или систему линий, конечные и промежуточные точки которых закреплены геодезическими центрами, а их длина известна с заданной точностью. Набор длин линий для поверки дальномерного блока тахеометра может быть следующим: 100, 500, 800, 1500 и 3000 метров.

Подобными эталонными базисами оснащены так называемые геодезические полигоны, представляющие собой открытые участки местности, предназначенные для метрологической аттестации геодезического оборудования [4]. Полигоны могут достигать в поперечнике нескольких километров. Открытая местность и удаленность полигонов зачастую негативно влияют на время выполнения поверки. Денежные затраты метрологической службой на аренду земли для полигона увеличивают стоимость работ по поверке геодезического оборудования. Удаление полигона от города усложняет доставку оборудования на место проведения метрологических испытаний.

При проведении поверки дальномерного блока тахеометра следует учитывать метеорологические условия. Дождь, снег, туман, яркое солнце, смог негативно сказываются на видимости, соответственно мощности отразившегося сигнала лазерного пучка может быть недостаточно для его регистрации. Негативный фактор при работе — широкий диапазон температур (от  $-30$  до  $+30$  °С), при котором проводится поверка прибора. Дальномерный блок тахеометра, в соответствии с методикой поверки, поверяется при температуре  $20 \pm 5$  °С и влажности не более 80 %. Немаловажным моментом при подобных работах являются комфортные условия, в которых находится поверитель.

По этим причинам компания ЗАО „Геодезические приборы“ (Санкт-Петербург) совместно с ЗАО „Геостройизыскания“ (Москва) приступила к разработке базиса для поверки дальномерного блока тахеометра. В 2010 г. компания разработала и внедрила в несколько центров стандартизации и метрологии универсальный автоматизированный коллиматорный стенд (VEGA УКС), предназначенный для проведения поверок геодезических и маркшейдерских средств измерений. Стенд может контролировать все метрологические параметры тахеометра, кроме одного, но крайне важного, — погрешности измерения расстояний лазерным дальномером.

Цель настоящей работы заключается в упрощении процесса поверки тахеометра: уменьшении себестоимости поверочных работ, объединении базисов для поверки угломерной и дальномерной частей в единый измерительный комплекс, сведении к минимуму влияния внешних факторов (перепадов температур, влажности, освещенности и др.) на весь процесс поверки.

Необходимо оснастить стенд VEGA УКС блоком поверки дальномерной части тахеометра. Для этих целей нами в качестве базисных линий решено было выбрать оптическое волокно (рис. 2), которое обладает способностью практически без потерь передавать световой

сигнал на большие расстояния. Была предложена следующая конструкция базиса (см. рис. 2). Базис состоит из насадки на одну из коллимационных труб стенда VEGA УКС (рис. 3) и набора базисных линий.

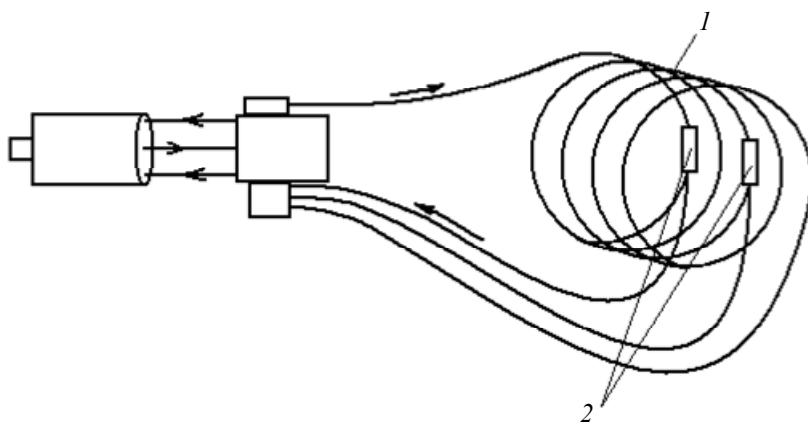


Рис. 2

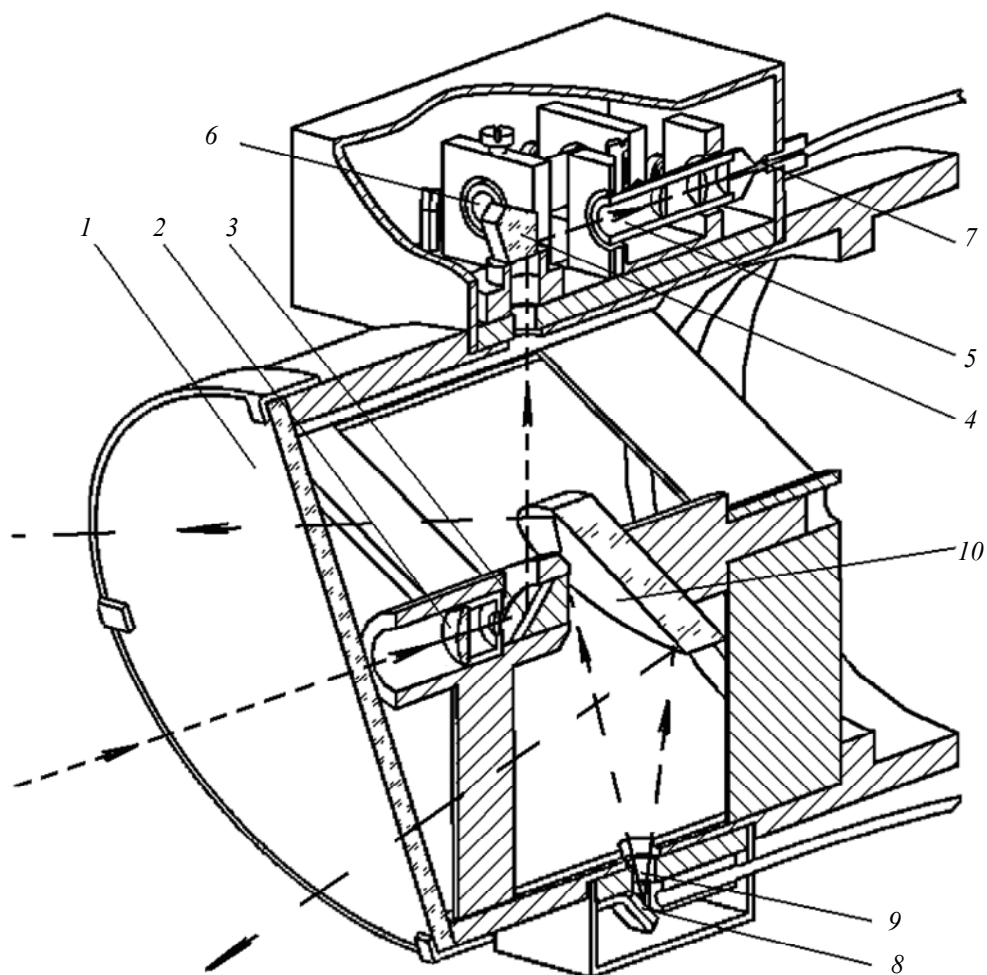


Рис. 3

Принцип работы устройства заключается в следующем. Лазерный луч дальномерного блока тахеометра проходит через прозрачную плоскопараллельную пластину 1, расположенную под определенным углом к оптической оси прибора. Далее лазерный луч, проходя через коллимационную трубку 2, уменьшается в диаметре в 3—4 раза, отражается от призмы 3 и попадает на зеркало 4. Зеркало 4 устанавливается в одно из трех фиксированных положений.

Отразившись, лазерный луч попадает в трубу фокусировки луча (рис. 2, 5, 6). Пройдя через трубку, луч фокусируется в точку, в этой же точке располагается торец оптического волокна 7. Пройдя через одну из трех базисных линий, луч возвращается в насадку. Лазерный пучок расфокусируется линзой 8 и, отразившись зеркалами 9, 10, возвращается в объектив прибора.

При работе устройство учитывает влияние температуры окружающей среды. Под воздействием колебаний температуры в помещении метрологической лаборатории оптическое волокно изменяет свою длину, что приводит к изменению пути, проходимого световым сигналом. Для обеспечения стабильной температуры оптического волокна необходимо использовать воздушный термостат с погрешностью поддержания температуры  $\pm 0,1$  °С. Материал оптического волокна был выбран с наименьшим коэффициентом линейного расширения: кварц  $5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot \text{К}^{-1}$  [5].

На сегодняшний день одной из важнейших характеристик лабораторного оборудования являются его габаритные размеры. Использование оптических делителей 2 (см. рис. 2), предназначенных для разделения сигнала на два потока, позволит значительно уменьшить суммарную длину базисных линий, что приведет к уменьшению габаритов базиса.

В данной работе описан принцип и представлена конструкция устройства для поверки лазерных дальномеров. Следует отметить, что оптическое волокно для решения задачи поверки лазерных дальномеров применено впервые. Аналогов данного устройства не существует. Таким образом, применение оптического волокна для поверки лазерных дальномеров позволит усовершенствовать разработанный ранее стенд VEGA УКС и решить задачу поверки электронных тахеометров в полном объеме. VEGA УКС позволит поверять угломерный и дальномерный блоки и определять все необходимые (согласно методике поверки) метрологические характеристики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карсунская М. М. Геодезические приборы. М.: Институт оценки природных ресурсов, 2002.
2. Генике А. А., Афанасьев А. М. Геодезические свето- и радиодальномеры. М.: Недра, 1988.
3. ОСТ 68-15-2001. Измерения геодезические. Термины и определения.
4. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. М.: ЦНИИГАиК, 1999.
5. Любина Дж. Справочник по композиционным материалам. Кн. 1. М.: Машиностроение, 1988.

#### *Сведения об авторах*

- Никита Сергеевич Виноградов** — Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии; ассистент;  
E-mail: vifmo@rambler.ru
- Евгений Александрович Воронцов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии;  
E-mail: voroncov\_evgenii@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
измерительных технологий  
и компьютерной томографии

Поступила в редакцию  
01.03.11 г.