

УДК 528.5

СОВРЕМЕННОЕ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

С.В. Турсбеков, С.Т. Солтабаева, Б.Н. Нуртуганов,
Н.Х. Кенжегалиев, Д.К. Сарсанбеков

Проведен анализ развития маркшейдерского приборостроения.

Ключевые слова: маркшейдерское приборостроение; точные и высокоточные измерения; электронные модули и электронные тахеометры.

MODERN SURVEYING AND GEODETIC INSTRUMENTATION

S.V. Tursbekov, S.T. Soltabaeva, B.N. Nurtuganov,
N.Kh. Kenzhegaliev, D.K. Sarsanbekov

The analysis of development of surveying instrument making is carried out.

Key words: surveying instrumentation; accurate and high-precision measurements; electronic modules and electronic total stations.

В настоящее время на мировом рынке имеется только четыре производителя маркшейдерских приборов, ассортимент и цена продукции которых очень схожи. Это транснациональные корпорации “Leica”, “Topcon”, “Trimble” и “Sokkia” [1].

Компания “Leica Geosystems AG” возникла в результате объединения трех предприятий маркшейдерского и геодезического приборостроения – фирм “Kern”, “Wild” и “Magnavox” [2]. Сегодня компания, штаб-квартира которой расположена в городе Хеербруг (Швейцария), имеет ежегодный товарооборот в размере более 450 млн USD. На заводах “Leica” работают более 2900 чел., а представительства компании расположены в 128 странах мира, в том числе и в Республике Казахстан.

Другой всемирно известный производитель оптического оборудования – компания “Topcon Corporation”, штаб-квартира которой расположена в Токио, была основана в 1932 г. Сегодня филиалы этой корпорации сосредоточены по многим странам мира, в основном – в США [1].

В Токио расположена штаб-квартира еще одной компании, производящей маркшейдерские приборы – “Sokkia Co., Ltd.”, образованной в результате слияния в 1990-х гг. американской Lietz Company и японской Sokkisha Co., Ltd. Сегодня в компании работают в разных странах более 1500 чел., в том числе более 130 – в Европе [3].

Наконец, самая молодая из мировых лидеров маркшейдерского приборостроения – “Trimble

Navigation Limited”, была основана в 1978 г. в Калифорнии (США), как компания по производству систем глобального позиционирования – GPS. В июле 2000 г. Trimble приобрел группу европейских предприятий Spectra Precision, куда в свое время вошли всемирно известные марки “Geodimeter” и “Zeiss”. Сегодня на заводах Trimble трудятся более 2000 чел. в 20 странах мира [4].

Электронные тахеометры – электронно-оптические приборы, предназначенные для измерений углов между линиями (направлениями) в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также длин линий. Области их применения являются маркшейдерское обеспечение открытых и подземных горных работ и тоннелестроения, геодезические, тахеометрические и топографические съемки, геодезическое обеспечение строительства.

В настоящее время фирмы предлагают 75 моделей электронных тахеометров. В целях достижения максимальной эффективности продаж приборы позиционируются на рынке в виде серий. В состав каждой серии, как правило, входит от 2 до 4 моделей [1].

Главным различием моделей одной серии является *точность угловых измерений*, которая в зависимости от назначения серии может принимать значения от 0,5 до 10 сек. Самыми высокоточными приборами (ошибка измерения угла не более 0,5 сек), которые предназначены для наблюдений за деформациями инженерных и промышленных

сооружений, являются тахеометры Leica (модели TS2003, TSA2003, TDM5005 и TDA5005). Высокую точность угловых измерений обеспечивает применение высококачественной оптики. Увеличение зрительной трубы составляет от 26 до 32 крат, минимальное расстояние визирования зависит от производителя и составляет: для приборов Leica – 1,7 м, для приборов Trimble – 1,5 м, для приборов Topcon – 1,3 м, для приборов Sokkia – 1,0 м.

Значения угловых измерений (как горизонтального, так и вертикального угла) при работе с электронными тахеометрами выводятся на экран дисплея прибора в непрерывном режиме с дискретностью долей секунд. Причем все современные модели имеют возможность выбора отображения результатов измерений практически во всех применяемых сегодня единицах: градусы-минуты-секунды, градусы (gon), градусы и доли градусов, тысячные (mil). Стандартными функциями любого электронного тахеометра является возможность обнуления отсчета по горизонтальному кругу после наведения на цель (заднюю точку), а также выбор направления измерения горизонтальных углов (левый или правый).

Для обеспечения необходимой точности измерений электронные тахеометры снабжены жидкостными компенсаторами вертикального круга. В большинстве моделей они двухосевые. Величина компенсируемых наклонов зависит от производителя и колеблется от 3 мин (Sokkia и Topcon) до 6 мин (Trimble 5600). Точность компенсации не превышает 2 сек.

Для измерения длин линий в электронных тахеометрах стандартно используется невидимый инфракрасный лазерный луч, который выходит из объектива зрительной трубы. Дальность измерения длины зависит от используемого отражателя, которым может служить как стеклянная призма, так и специальная пластиковая отражающая пластина или пленка. Как правило, дальность измерения в инфракрасном диапазоне до 10000 м для стеклянных призм и 1000 м – для пластикового отражателя.

Важным функциональным признаком последних моделей современных электронных тахеометров является возможность измерения расстояний от естественных поверхностей без применения отражателей (режим R – Reflectorless). В этом случае в дополнение к инфракрасному лазеру встроенный в электронный тахеометр дальномерный модуль имеет красный лазер видимого диапазона, луч которого также выходит из объектива зрительной трубы. Это направление развития геодезического и маркшейдерского приборостроения возникло сравнительно недавно и сразу стало популярным по нескольким причинам:

во-первых, возможности дальномерной системы R идеально подходят для тех работ, где устанавливать отражатель невозможно, неудобно или опасно;

во-вторых, дальность измерения расстояний, как на стеклянную призму, так и с использованием других видов отражателей, в режиме R до двух раз больше. Однако стоит отметить, что в этом случае дальность измерений гораздо более существенно зависит от условий видимости;

в-третьих, применение режима R позволяет использовать видимый луч лазера в качестве ориентира задаваемого направления, что особенно важно при работе в подземных горных выработках.

Что касается дальности измерений без применения отражателей, главным фактором, влияющим на нее, является физическая структура и цвет отражающей поверхности. Наименьшая дальность присуща темным неровным поверхностям. Максимальную дальность измерения от таких поверхностей (до 1000 м) сегодня имеют тахеометры серии Leica. Дальность измерений других моделей, оснащенных режимом R, не превышает 500–1000 м.

В отличие от точности угловых измерений точность измерений длины не представляется значимым критерием оценки технических характеристик современного оборудования. Подавляющее большинство моделей имеет постоянную составляющую ошибки измерения длины при использовании стеклянной призмы в пределах 1–2 мм и переменную составляющую в пределах 2–4 мм на 1 км измеряемого расстояния, что не позволяет провести какое-либо существенное разграничение между ними по этому признаку. Исключение составляют уже упоминавшиеся высокоточные тахеометры Leica, у которых точность измерения длины повышена до 1 мм + 1 ppm, а также некоторые из моделей тахеометров с ошибкой измерения угла 9–10 сек, имеющих погрешность измерения длины до 5 мм + 3 ppm. Точность измерения длины при измерениях без отражателя в 1,5–2 раза ниже.

Одним из отличительных признаков различных серий современных электронных тахеометров являются конфигурация *встроенного программного обеспечения*, служащего для решения различных топографических и геодезических задач, и *объема внутренней памяти* [5].

С использованием встроенных программ функциональные возможности электронных тахеометров повысились. Появившаяся возможность использовать хранящиеся во внутренней памяти прибора величины при определенных условиях защищает пользователя от ошибок ввода данных. В то же время, как и многие другие компьютерные программы, встроенное программное обеспече-

ние современных электронных тахеометров пока не содержит в себе алгоритма, производящего вывод средних величин и отбраковку негодных измерений, а также осуществляющего надежный контроль ручного ввода исходных данных. Кроме этого, ни одна из программ не содержит в своем описании расчетных формул или алгоритмов.

Исходя из этого, следует признать, что своего главного назначения (освобождение исполнителя от рутинных вычислений и возможность проведения их на месте производства полевых работ) – использование встроенного программного обеспечения – сможет достигнуть только при проведении предварительных тестовых измерений и правильно организованном контроле за исходными данными расчетов со стороны исполнителя.

Наиболее простыми и самыми распространенными программными модулями в современных электронных тахеометрах являются:

- расчет координат точек полигонометрического хода или тахеометрической съемки;
- вычисление разбивочных элементов для выноса проектов в натуру различными способами;
- определение наклонных расстояний, горизонтальных проложений, превышений и горизонтальных углов между двумя пикетами;
- вычисление площади участка, ограниченного отрезками, соединяющими точки, на которых выполнялись наблюдения;
- определение координат точки установки инструмента по нескольким точкам с известными координатами.

Для работы с программным обеспечением и визуального считывания данных измерений и расчетов электронные тахеометры оборудуются клавиатурой с жидкокристаллическим дисплеем. Большинство электронных тахеометров оснащено клавиатурой с обеих сторон, однако отдельные модели имеют только одностороннюю клавиатуру, что может создать значительные неудобства при работе в стесненных условиях. Фирма Sokkia для некоторых своих серий предлагает в качестве дополнительной опции внешнюю клавиатуру, используя которую можно управлять процессом измерений и производить ввод данных дистанционно.

Наряду со встроенным программным обеспечением практически все тахеометры обладают внутренней памятью, предназначенной для хранения исходных данных и результатов измерений. Абсолютными рекордсменами по емкости внутренней памяти являются приборы Leica серии TS 11-15 IGB памяти.

Очень важным представляется то, что на сегодняшний день все модели используют полностью русифицированное программное обеспечение, что,

несомненно, значительно облегчает процесс обучения работе с электронными тахеометрами.

Весьма перспективным направлением развития современных электронных тахеометров следует признать применение сервомоторов и, как следствие, режима *автоматического наведения на цель*, что позволяет при проведении съемки работать одному.

Тахеометры, оборудованные сервомоторами, автоматически устанавливаются в заданном направлении. Эта функция эффективна при выносе проектных координат на местность, выполнении многократно повторяющихся измерений и наблюдений за деформациями инженерных сооружений. Помимо того, что моторизация сама по себе увеличивает производительность выполнения измерений до 30 %, она является необходимой платформой для дальнейшей автоматизации этого процесса.

В автоматических тахеометрах моторизованное управление комбинировано с автоматическим наведением на цель и слежением за ее движением. При этом, используя модуль дистанционного управления, исполнитель выполняет и контролирует процесс измерений, находясь на точке визирования.

Кроме моторизации и полной автоматизации выполнения измерений, существует еще промежуточный вариант полуавтоматической работы (так называемая технология Autolock), при котором тахеометр отыскивает цель, автоматически наводится на нее и отслеживает ее перемещение между точками. Таким образом, исполнителю, находящемуся возле прибора, необходимо только в нужный момент нажатием клавиши зафиксировать измерение. Увеличение производительности достигается за счет того, что не требуется точного наведения и фокусировки зрительной трубы, не возникает проблем при работе в темноте (инструмент разыщет цель в любой ситуации).

Моторизованные и автоматизированные электронные тахеометры присутствуют в модельных рядах всех без исключения производителей маркшейдерского оборудования. Как правило, для обозначения моторизованных моделей к их цифровому индексу добавляется буква *M*, а для обозначения автоматизированных моделей – буква *A*.

Для тахеометров, не оборудованных сервоприводом, скорость и удобство наведения на визуальную цель зависит от *расположения наводящих винтов* и их конструктивных особенностей.

В приборах Sokkia и Торосон реализована система соосных закрепительных и микрометрических винтов, расположенных с одной стороны на взаимно перпендикулярных плоскостях (винты горизонтального круга на боковой стороне, винты

вертикального круга – на лицевой, со стороны объектива). Причем в более высокоточных моделях микрометрические винты являются двухскоростными.

Серии Trimble оборудованы соосными закрепительными и микрометрическими винтами с правой стороны (приборы этих серий имеют одностороннюю клавиатуру). В отличие от них, в серии Trimble 3600 применяются бесконечные винты наведения. При этом винты горизонтального и вертикального наведения расположены справа на одной оси, что представляется оптимальным в случае необходимости одновременной с наведением на цель подсветкой сетки нитей внешним источником освещения.

Однако, вследствие того, что современные тахеометры, как правило, снабжены встроенной подсветкой нитей, наиболее эргономичной можно считать систему наведения самых новых серий Leica. В этих приборах реализована система наведения бесконечными винтами, расположенными по обе стороны. Таким образом, становится возможным наведение на визирную цель одновременно двумя руками (одной по горизонтали, второй – по высоте).

В современных электронных тахеометрах, в зависимости от производителя, предлагаются различные системы центрирования и горизонтирования (нивелирования) прибора. Все тахеометры Sokkia и Торосоп, а также приборы серий Trimble и более ранних серий Leica оснащены “классической” системой горизонтирования, состоящей из жидкостных круглого (точность от 6 до 10 мин) и цилиндрического (точность 20–40 сек) уровней. В зависимости от модели, круглый уровень размещается на трегере или на алидадной части прибора.

Последние серии Leica (TS 02, 06, 09, 11, 15) и серии кроме круглого жидкостного уровня используют электронный уровень точностью от 6 до 20 сек. Преимуществом электронного уровня является возможность более быстрого точного горизонтирования прибора без обязательного поворота алидадной части на 90 градусов. Правда при этом электронный уровень, поверяемый так же как и жидкостной, требует юстировки исключительно в специализированных сервисных центрах, что в случае его ненадежной работы крайне неудобно.

Невозможность юстировки на месте производства измерений относится и к лазерным отве-

сам, применяемым на ряде моделей Leica, Trimble и Торосоп для *центрирования* над пунктом. При высоте инструмента около 1,5 м средний диаметр точки составляет 1,5–2,5 мм. Все остальные модели вместо лазерного, оснащены оптическими двумя или трехкратными центрирами.

Для центрирования под пунктом используется точка, нанесенная на ручке переноса прибора.

Отсутствие ручки переноса прибора сделало эти тахеометры наиболее *компактными*. При высоте инструмента 268 мм они весят 3,5 кг (с транспортировочным ящиком – 6 кг). Остальные модели электронных тахеометров при высоте от 316 до 405 мм весят порядка 5–8 кг.

Наибольшую *защиту от пыли и влаги* (IP66) имеют электронные тахеометры Торосоп. Эта степень защиты гарантирует качественную работу тахеометра даже под сильным ливнем.

Диапазон температур применения современных электронных тахеометров составляет от –20 до +50 °С. Исключение – тахеометры Trimble 3300Xtreme, нижний предел использования которых составляет –35 °С.

Работу электронной системы тахеометров обеспечивает *электропитание* от аккумуляторной батареи блока питания напряжением 6 Вт, Торосоп – 7,2 Вт. Время работы до полной разрядки батареи у моторизированных приборов составляет от 3 час – Trimble, Leica TS – до 8 час. Немоторизованные модели имеют больший ресурс работы от одной батареи – до 20 час, использование режима R существенно сокращает ресурс работы до 16 часов. Кроме этого, возможно внешнее питание при напряжении источника 11,5–14 Вт.

Литература

1. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение / В.Е. Дементьев. М., 2008. 591 с.
2. Геодезическое оборудование Leica (руководства, инструкции).
3. Геодезические инструменты SOKKIA (руководства, инструкции).
4. Геодезическое оборудование Trimble, Spectra Precision (руководства, инструкции).
5. Турсбеков С.В. Маркшейдерско-геодезические приборы / С.В. Турсбеков. Алматы: КазНТУ, 2008. 128 с.