ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

УДК 528.5

М.А.ИВАНОВ, А.Ю.СТЁПКИН, К.Н.ШКАВЕРА
Факультет освоения подземного пространства,
студенты группы ПГ-97, ассистенты профессора

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТАХЕОМЕТРОВ И ЛАЗЕРНОЙ РУЛЕТКИ ФИРМЫ «LEICA»

TDA-5000 является одним из лучших образцов современных электронных тахеометров. Этот прибор способен решать широчайший спектр геодезических задач, начиная от создания съемочного обоснования для топопланов и заканчивая трехмерным моделированием объектов. Встроенная функция наведения на цель и автоматического слежения за ней позволяет полностью автоматизировать работу, а возможность записи полученной информации (выполненных измерений) на карту PCMCI, установленную в приборе, – выполнять поставленные задачи еще проще и быстрее. Заявленная производителем точность этого прибора составляет при измерении горизонтального и вертикального углов 0,5"; при измерении расстояний 0,5 мм.

Исследованы: точность и пределы автоматического самонаведения на цель; точность угломерной части прибора; точность дальномерной части прибора.

Все проведенные исследования тахеометра TDA-5000 показали следующее: ошибка измерения угла равняется 0,3"; ошибка самонаведения по ГК 0,6", по ВК 1,4"; средняя квадратическая ошибка измерения расстояния 0,2 мм; максимальный угол отклонения начальной точки поиска от центра призмы 1,5°; максимальный угол отклонения визирного луча от нормали к призме 27°.

Полученные результаты показывают, что прибор пригоден для решения высокоточных задач. Использовать такие приборы для решения прикладных задач очень выгодно, так как система TDA-5000 высокомобильна.

One of the modern types of electronic tachometer is TDA-5000. This instrument is capable of solving a wide range of geodetic problems from proving the survey validity for drawing the topographic plans to three-dimensional modeling of the objects. The built in target adjusting and adjusting and its tracing capabilities allow to carry out the work fully automatically, and the possibility of information (measurements obtained) automatic recording on the built-in map PCMCI makes the solution of the problems set faster and more simple. According to the manufacturer, the accuracy of the instrument for measuring both horizontal and vertical angles is 0,5", and for measuring distances is 0,5 mm.

During the research it has been studied: accuracy and range of target automatic adjustment; instrument angle measurement accuracy; instrument distance measurement accuracy.

All the undertaken studies of the tachometer TDA-5000 revealed the following: angle measurement error is 0,3"; limb horizontal automatic adjusting error is 0,6"; alidada vertical automatic adjusting error is 1,4"; distance measurement mean square error is 0,2 mm; maximum deviation angle of initial point adjusting against prism centre is 1,5°; maximum deviation angle of sighting beam against perpendicular to prism is 27°.

The results obtained prove that the instrument is suitable for solving the problems with high accuracy. For solving the applied problems such instruments are advantageous due to high mobility of the system TDA-5000.

С каждым днем перед инженерами встает все больше сложных задач, решить которые только традиционными методами либо сложно, либо просто невозможно. Поэтому применение современных электронных приборов является необходимым условием при выполнении большого ряда инженерно-геодезических задач.

Сегодня рынок геодезических приборов представлен широким спектром различного оборудования. Наиболее применяемыми геодезическими приборами в силу их универсальности являются электронные тахеометры. Это цифровые приборы, способные с высокой точностью измерять горизонтальные, вертикальные углы, а также расстояния с одновременным вычислением координат наблюдаемой точки. Нами были исследованы несколько таких приборов, разработан алгоритм выполнения некоторых видов геодезических работ, разработано специальное программное обеспечение, учитывающее специфику исследуемых электронных приборов, а также произведены исследования точностных характеристик следующих приборов: прецизионный электронный тахеометр TDA-5000 фирмы «Leica»; электронный тахеометр Elta 50 R немецкой фирмы «Carl Zeiss Jena»; электронная рулетка Disto Pro швейцарской фирмы «Leica».

Прецизионный электронный тахеометр TDA-5000 фирмы «Leica». TDA-5000 является одним из лучших образцов современных электронных тахеометров. Этот прибор способен решать широчайший спектр геодезических задач, начиная от разработки съемочного обоснования для создания топопланов и заканчивая трехмерным моделированием объектов. Встроенная функция наведения на цель и автоматического слежения за ней позволяет полностью автоматизировать работу, а возможность записи полученной информации (выполненных измерений) на карту PCMCI, установленную в приборе, – выполнять поставленные задачи еще проще и быстрее. Кроме того, в TDA-5000 предусмотрена возможность дистанционной передачи данных с помощью радиомодема на базу. Таким образом, не только повышается производительность, но и осуществляется почти полная автоматизация работ, что иногда просто необходимо, например, при работе в труднодоступных или опасных для наблюдателя местах.

Заявленная производителем точность этого прибора составляет при измерении горизонтального и вертикального углов 0,5"; при измерении расстояний 0,5 мм.

Нами было проведено исследование вышеназванных точностных характеристик данного прибора в различных режимах работы и на различных расстояниях.

Исследованы: точность и пределы автоматического самонаведения на цель; точность угломерной части прибора; точность дальномерной части прибора.

Измерения, которые проводились, записывались на карту памяти PCMCI, которая вставляется в тахеометр. Далее тахеометр с помощью интерфейсного кабеля подключается к компьютеру, настраиваются порты и производится копирование данных.

Система автоматического поиска цели тахеометра использует в качестве пассивного отражателя специальный уголковый отражатель. Поиск цели осуществляется по спиралевидной кривой из начальной (грубой) установки до максимума сигнала, соответствующего центру визирной цели. По результатам исследования грубое наведение на цель необходимо выполнять с точностью не хуже 1,5° в вертикальном и горизонтальном направлении, т.е. цель должна находиться в поле зрения прибора.

Для исследования угловой точности прибора нам необходим эталон, точность которого выше точности поверяемого угла в 3 раза, т.е. 0,15". Так как у нас такого эталона не было, то было предложено использовать метод вытянутого треугольника (см. рисунок), в котором измеряемый малый угол сравнивается с величиной этого угла, вычисленной (по формуле косинусов) из измеренного с высокой точностью противолежащего мало-

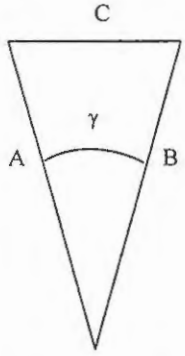


Схема эталона

го катета и двух прилежащих сторон. Катет измерялся с помощью высокоточного компаратора с точностью измерения расстояния 0,01 мм.

Этот метод позволяет получить удовлетворяющую точность измерения угла. В результате проведенных исследований было получено СКО измерения угла 0,3". Так как прибор обладает такой высокой точностью измерения угла, то его можно применять в высокоточных наблюдениях для различных инженерных целей.

Все проведенные исследования тахеометра TDA-5000 показали следующее: ошибка измерения угла равняется 0,3"; ошибка самонаведения по ГК 0,6", по ВК 1,4"; СКО измерения расстояния 0,2 мм; максимальный угол отклонения начальной точки поиска от центра призмы 1,5°; максимальный угол отклонения визирного луча от нормали к призме 27°.

Проведенные опыты также позволяют утверждать, что при увеличении расстояния до призмы (до 200 м) ошибка измерения угла уменьшается на порядок. Большая ошибка в измерении углов на коротких расстояниях не влияет на получаемые координаты.

Все исследования, проведенные с тахеометром, показали, что это надежный высокоточный прибор, пригодный для использования его в прикладной геодезии. Он способен решать самые разнообразные задачи в промышленности, требующей высокой точности (атомная, космическая, металлургическая и т.д.).

Электронный тахеометр Elta 50R немецкой фирмы «Carl Zeiss Jena». Тахеометр Elta 50R немецкой фирмы «Carl Zeiss Jena» – прибор технической точности, он способен измерять горизонтальные углы с точностью 5 угловых секунд и расстояния с точностью 5 мм + 3 мм на каждый километр измеряемого расстояния. Так же как и представленный выше тахеометр, этот прибор может быть использован при различных инженерно-геодезических изысканиях. На устанавливаемую в приборе карту PCMCI записываются все измерения и вычисления, выполненные прибором. Передача данных производится с помощью стандартных компьютерных средств. Обработку данных производят с помощью программного обеспечения, поставляемого вместе с электронным тахеометром. Электронные тахеометры такого класса находят широкое применение при выполнении различных съемочных работ. Одним из примеров такого вида геодезических работ является съемка фасадов зданий, сооружений и различных промышленных установок. В этой работе исследования электронного тахеометра проводились с целью выявить оптимальные параметры съемки фасада здания при использовании этого прибора, а также выяснить, достаточно ли заявленной производителем точности данного тахеометра для выполнения этой съемки.

При работе по обмеру фасадов, как правило, координаты измеряемых точек достаточно знать с точностью до 5 мм. Большой опыт, накопленный при исполнении этого и других видов съемок, доказывает, что соблюдение требуемой точности (0,5 см в плане и по высоте для данного вида работ) допустимо только при выполнении определенных условий. Такими условиями являются величины углов γ и ν. Нами был разработан специальный алгоритм выполнения съемки фасада этим электронным тахеометром, а также разработано специальное программное обеспечение, рассчитывающее допустимые углы γ и ν.

На основании полученных результатов рекомендуемые значения углов составили: $\nu_{max} = 44°$ при рекомендованном расстоянии от прибора до фасада 10-25 м; $\gamma_{min} = 13°$ при рекомендованном расстоянии от прибора до фасада 25 м и длине стороны АВ 25 м.

Проведенные исследования наглядно показали способность электронного тахеометра выполнять съемку фасада здания или сооружения, а также выполнять обмер технологических конструкций в различных производственных условиях при заданной точности с ошибкой, не превышающей 0,5 см в плане и по высоте. А рекомендуемые для этого вида работ значения углов и расстояний, исследованные в этой работе, позволяют еще больше оптимизировать и ускорить работу.

Электронная лазерная рулетка Disto Pro фирмы «Leica». В последнее время в геодезическом производстве наблюдается тенденция к увеличению использования безотражательных лазерных дальномеров. Это компактные приборы, способные измерять расстояния с высокой точностью. Однако большинство производителей дополняют лазерные рулетки различными функциями. Лазерная рулетка Disto Pro фирмы «Leica» способна не только измерять расстояния, но и выполнять обмер помещений, а удобный и понятный интерфейс, а также возможность отображать результаты измерений на компьютере в реальном времени делает работу точной, быстрой и комфортной. Как известно, в конечном итоге точность полученных измерений напрямую зависит от точности измеряющего прибора, поэтому в этой работе исследовалась точность определения расстояний этой лазерной рулеткой в различных производственных условиях, а именно: при отражении от различного типа поверхностей; при различных углах поворота отражающей поверхности.

Анализ полученных результатов показал следующее:

1. При отражении от черной поверхности рулетка более чувствительна к отклонению лазерного луча от нормали к экрану. Так, при отклонении отражающей поверхности на 27° рулетка существенно замедляла процесс измерения, а при бóльших углах отклонения переставала работать.

2. При использовании белой отражающей поверхности колебания значений расстояния незначительно зависят от угла отклонения лазерного луча от нормали. Только при угле 76,5° процесс измерения становится неопределенным ввиду неоднозначности получаемых расстояний в одной серии измерений. Разброс значений здесь, по-видимому, связан с тем, что след лазерного луча на экране переходит в эллипс, длина большой полуоси которого (она растет с увеличением угла отклонения лазерного луча от нормали к экрану) при 76,5° превышает полуразмеры отражающей цели, и поэтому лазерный луч имеет возможность отражаться от предметов, находящихся в этот момент за экраном.

Из вышесказанного можно сделать вывод: при использовании лазерной рулетки в практических целях для получения результатов измерений с точностью не ниже гарантируемой производителем не следует превышать отклонение от нормали к лазерному лучу на углы 9° при черной отражающей поверхности и 45° при белой отражающей поверхности.

Все вышерассмотренные приборы значительно облегчают работу в тех областях промышленности, где требуется высокая точность. Но это малая доля их значимости в современном мире. Без подобных приборов вообще невозможно существование некоторых технологических процессов, требующих использования высокоточных измерений, поэтому во всем мире они находят все большее применение.

Научный руководитель профессор, д.т.н. *В.И.Павлов*