

УДК 528

## ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ И ТАХЕОМЕТРЫ

### ELECTRONIC THEODOLITES AND TOTAL STATIONS

#### **Петренко Денис Васильевич**

ассистент,  
кафедра кадастра и геоинженерии,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
d.petrenkov93@mail.ru

#### **Климова Полина Олеговна**

ассистент,  
кафедра кадастра и геоинженерии,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
Polia.klimova@mail.ru

**Аннотация.** Данная статья посвящена обзору современных тахеометров и теодолитов применяемых для геодезических измерений.

**Ключевые слова:** тахеометр, электронный, теодолит.

#### **Petrenkov Denis Vasilyevich**

Assistant,  
department of the inventory  
and geoengineering,  
Kuban state technological university  
d.petrenkov93@mail.ru

#### **Klimova Polina Olegovna**

Assistant,  
department of the inventory  
and geoengineering,  
Kuban state technological university  
Polia.klimova@mail.ru

**Annotation.** This article is devoted to a review of modern tacheometers and theodolites used for geodetic measurements.

**Keywords:** tacheometer, electronic, theodolite.

При проведении топографо-геодезических работ больше требований предъявляются к их срокам и качеству выполнения. Это стимулирует проектно-изыскательные, земельно-кадастровые и строительные организации вводить в использование все новые средства измерения пространственных координат, а также удобное программное обеспечение, комплексные технологии, которые позволяют применять технические средства для полевых и камеральных этапов работы и обеспечивать более простое объединение данных геодезических измерений в САПР и ГИС.

Важное место среди геодезических приборов продолжают занимать электронные тахеометры и теодолиты. Данные приборы активно применяются для решения задач в области геодезии.

#### **Электронные теодолиты: виды и принцип действия**

Теодолит – специальный прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов на местности.

В новых высокоточных теодолитах, выпуск которых начат несколько лет назад, используется система отсчета с оптико-электронным сканированием, позволяющая автоматизировать процесс угловых измерений и повысить приборную точность. Теодолит T2000S фирмы «Вилья Хербург» (Швейцария) относится к таким приборам. Зрительная труба в этом теодолите имеет прямое изображение и увеличение 26, 35, 43 и 59". Имеется два режима работы: следящий – для наблюдения за подвижной целью и простой – для высокоточных угловых измерений. Точность отсчета по кругам – 1, или 0,1" – по усмотрению наблюдателя. Отсчеты выражаются в градусах или гонах (1400 части окружности) [2, с.11–15].

Теодолит имеет дисплейную панель управления и регистратор. клавишами задают режим работы теодолита, на экран дисплея выводятся значения измерительных углов. Регистратор хранит записанную информацию, ведет математическую обработку результатов измерений согласно заданной программой. К регистратору можно подключить компьютер. T2000S простой в обращении, надежен и обеспечивает высокую точность и эффективность измерений [4, с. 32–33].

#### **Классификация устройств**

В современной геодезии люди используют различные виды электронных теодолитов для решения самых разносторонних задач. Например:

- Оптические теодолиты являются наиболее распространенными. Они точны и надежны для использования в полевых условиях. Имеют ряд преимуществ перед электронными сотоварищами: не нуждаются в элементах питания для работы и их легко применять. Оптические теодолиты могут выполнять работу в достаточно широком температурном диапазоне, даже при отрицательной температуре [1, с. 15–17].

- Лазерные теодолиты тоже не отличаются сложностью эксплуатации. В таком приборе используется лазерный луч, который служит точным указателем. В лазерных теодолитах объединены функции двух устройств – визира и высокочастотного электронного инструмента для измерений. Прибор оборудован мощным процессором, который выполняет все расчеты и результаты выводит на дисплей устройства. Легкость использования и удобство такого теодолита бесспорно.

- В цифровых теодолитах не применяют вертикальные и горизонтальные круги, содержащие поградусную разметку. Вместо них используются штрих-кодовые диски. Прибор выполняет замеры автоматизированным способом. Конструкция такого прибора содержит запоминающее устройство. Теодолит хранит данные во внутренней памяти. Поскольку эти устройства содержат источники питания и ЖК-дисплей с ними не следует работать в условиях сложного климата и при низких температурах [3, с. 23–24].

- Фототеодолиты и кинотеодолиты – это категории инструментов, имеющих специфическое назначение. Их конструкция объединяет в себе теодолит и фотокамеру, которая определяет топографические координаты. Основное назначение кинотеодолитов – фиксация траектории перемещения объектов как на земле, так и в воздухе [7, с.35].

### **Области применения**

Данные геодезические приборы используют в следующих областях:

- при построении топографических карт и планов, а также целых сетей геодезических пунктов на участке местности;
- для определения положения точек на участке относительно друг друга;
- для выполнения строительных работ, при фиксации горизонтальностей или вертикальностей сооружений (сваи, колонны и т.д) [5, с. 45].

### **Электронные тахеометры**

Электронным тахеометром называют универсальный оптико-электронный геодезический прибор, позволяющий выполнить практически все виды работ в современной геодезии с высокой точностью измерений [6, с. 65]. Тахеометр соединяет в себе функции как теодолита и как нивелира, и как светодальномера, что доказывает его функциональность. С помощью данного прибора можно производить прямые и косвенные измерения, которые сразу выносятся на дисплей, а именно:

- измерения расстояний (длин и горизонтальных проложений);
- определение углов (горизонтальных и вертикальных);
- нахождение плановых и высотных координат.

Кроме стандартных задач электронный тахеометр способен решать прикладные задачи, такие как:

- нахождение координат точки стояния тахеометра, при решении обратной геодезической засечки на местности;
- вычисление наклонной длины, горизонтального проложения;
- определение площади ограниченной линиями, проходящими через точки с полученными координатами после полевых измерений;
- вычисление координат теодолитного хода с линейной, угловой, относительной, координатными невязками, при уравнивании хода и получении истинных координат точек.

В работе электронных тахеометров лучше всего использовать весь комплекс автоматизации комплексного процесса, используя персональный компьютер и программное обеспечение для передачи данных. Данный процесс позволяет упростить аналитическую подготовку исходных данных, при всем этом уменьшается процент появления ошибки в результате человеческого фактора. Использование электронных тахеометров способствует росту скорости обработки полученных результатов и производительности труда всего геодезического производства [10, с. 123].

### Классификация устройств

Интегрированные тахеометры- приборы, в которых все устройства объединены в один механизм [9, с. 54].

Модульные тахеометры состоят из отдельно сконструированного теодолита и светодальномера.

В электронных тахеометрах измерить расстояния можно несколькими методами, например, фазовый метод- метод измерения по разности фаз испускаемого и отраженного луча, а также (в некоторых современных моделях) используют импульсный метод – по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно [8, с. 29]

Диапазон измерения расстояний зависит также от режима работы тахеометра: отражательный или безотражательный. Дальность измерений при безотражательном режиме напрямую зависит от отражающих свойств поверхности, на которую производится измерение. Дальность измерений на светлую гладкую поверхность (штукатурка, кафельная плитка и пр.) в несколько раз превышает максимально возможное расстояние, измеренное на темную поверхность. Максимальная дальность линейных измерений для режима с отражателем (призмой) – до пяти километров (при нескольких призмах – ещё дальше); для безотражательного режима – до одного километра. Модели тахеометров, которые имеют безотражательный режим, могут измерять расстояния практически до любой поверхности, однако следует с осторожностью относиться к результатам измерений, проводимых сквозь ветки, листья и подобные преграды, поскольку неизвестно, от чего именно отразится луч, и, соответственно, расстояние до чего он измерит.

Точность угловых измерений современным тахеометром достигает половины угловой секунды ( $0^{\circ}00'00,5''$ ), расстояний – до  $0,6 \text{ мм} + 1 \text{ мм на км}$  (например, в тахеометрах серии TS30 от фирмы Leica Geosystems).

Точность линейных измерений в безотражательном режиме –  $2 \text{ мм} + 2 \text{ мм на км}$ .

Тахеометры, собираемые из отдельных модулей, позволяют выбрать компоненты именно под конкретные прикладные задачи, полностью исключив лишнюю функциональность.

### Области применения

*При строительстве гидротехнических сооружений:*

Проектные горизонталы контура водохранилища выносят на местность способом геометрического нивелирования с нивелирных ходов высотного геодезического обоснования. На крутых склонах применяют метод тригонометрического нивелирования, который легко может быть реализован при использовании электронных тахеометров. Проектные линии закрепляют деревянными столбами либо другим способом, обеспечивающим длительную сохранность точки.

*При строительстве тоннелей и мостов:*

Цель работы состоит в измерении все углов и расстояний. Для этого используют электронные тахеометры, измерения выполняют не менее чем тремя способами.

*Для исполнительной съемки лифтовых шахт:*

Огромные возможности тахеометра позволяют упростить работу, так как прибор используют не только в функции вертикального проецирования, но и для исполнительной съемки [11, с. 34–35].

### Заключение

При выполнении инженерно-монтажных и строительных работ очень важна точность. И делать сложные построения, что называется, «на глаз» в таких случаях недопустимо. Существует большое количество геодезических приборов, которые позволяют грамотно выполнить измерения и расчеты [12]. Таким образом, выбор теодолита остается за вами, что непосредственно зависит от сферы проведения работ.

### Литература:

1. Ворошилов А.П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ : учебное пособие. – Челябинск, 2007.

2. Захаров В.В., Хомич А.А. Электронные тахеометры NIKON NIVO – инновационные решения, доступные всем // Геопрофи. – 2009. – № 6.
3. Хлебодаров М.Ю. Современные технологии традиционной геодезии // Геопрофи. – 2008. – № 3.
4. Интулов И.П. Инженерная геодезия в строительном производстве. – 2007.
5. Поклад Г.Г. Геодезия : учебное пособие для вузов. – М. : Академический проект, 2007. – 592 с.
6. Попов В.Н., Чекалин С.И. Геодезия : учебник для вузов. – М. : Горная книга, 2007.
7. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Бердзенишвили С.Г. Экспериментальные исследования погрешностей измерений горизонтальных углов с помощью электронных тахеометров // Методы измерения. – 2014. – Т. 57. – № 3. – С. 277–279.
8. Гура Т.А., Мокрицкий А.А. Особенности работы в координатах и с использованием линейно-угловой засечки при определении осадок сооружений : Европейские научные исследования / сборник статей Международной научно-практической конференции; под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2016. – С. 195–199.
9. Гура Т.А., Глазков Р.Е. Точность и надежность электронных тахеометров // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 11 (364). – С. 90–99.
10. Гура Т.А., Коломиец О.Г. Методика поверки современных высокоточных геодезических средств измерений на примере электронных тахеометров : Научные достижения и открытия 2017 / сборник статей победителей II Международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 23–28.
11. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Аветисян Г.Г. Измерения геометрии высоких стальных трёхгранных сооружений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 6. – С. 13–19.
12. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров : монография. – Краснодар, 2016. –144 с.

#### References:

1. Voroshilov A.P. Satellite systems and electronic tacheometers in ensuring construction works : manual. – Chelyabinsk, 2007.
2. Zakharov V.V., Homich A.A. Electronic NIKON NIVO tacheometers – the innovative solutions available to all // the Geopro. – 2009. – No. 6.
3. Hlebodarov M.Yu. Modern technologies of traditional geodesy // Geopro. – 2008. – No. 3.
4. Intulov I.P. Engineering geodesy in construction production. – 2007.
5. Poklad G.G. Geodesy : manual for higher education institutions. – M. : Academic project, 2007. – 592 p.
6. Priests V. N., Chekalin S.I. Geodesy : the textbook for higher education institutions. – M. : Mountain book, 2007.
7. Zheltko Ch.N., Gur D.A. yolk., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G. Experimental researches of errors of measurements of horizontal corners by means of electronic tacheometers // measurement Methods. – 2014. – T. 57. – No. 3. – P. 277–279.
8. Gura T.A., Mokritsky A.A. Features of work in coordinates and with use linearly – an angular notch when determining a deposit of constructions : European scientific researches / collection of articles of the International scientific and practical conference; under the general edition of G.Yu. Gulyaev. – 2016. – P. 195–199.
9. Gura T.A., Glazkov R.E. Tochnost and reliability of electronic tacheometers // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 11 (364). – P. 90–99.
10. Gura T.A., Kolomiyets O.G. Metodika of checking of modern high-precision geodetic measuring instruments on the example of electronic tacheometers : Scientific achievements and opening of 2017 / collection articles of winners of the II International scientific and practical competition. – 2017. – P. 23–28.
11. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Avetisyan G.G. Measurements of geometry of high steel three-faced constructions // News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography. – 2010. – No. 6. – P. 13–19.
12. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. About researches of goniometric errors of electronic tacheometers : monograph. – Krasnodar, 2016. –144 p.