

УДК 528

## ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, ВИДЫ И ПРИНЦИП РАБОТЫ

### ELECTRONIC TACHEOMETERS: GENERAL INFORMATION, TYPES AND PRINCIPLES OF OPERATION

**Петренков Денис Васильевич**

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

**Лопатченко Александр Николаевич**

ассистент,  
кафедра кадастра и геоинженерии,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
molot.22@mail.ru

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

**Ключевые слова:** тахеометр, электронный.

**Petrenkov Denis Vasilyevich**

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

**Lopatchenko Alexander Nikolaevich**

Assistant,  
department of the inventory  
and geoengineering,  
Kuban state technological university  
molot.22@mail.ru

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

**Keywords:** tachymeter, electronic.

В настоящее время при проведении топографо-геодезических работ значительные требования предъявляются к срокам их выполнения при строгом соблюдении требуемой точности и качества. Данное обстоятельство стимулирует строительные, проектно-изыскательские и земельно-кадастровые организации использовать современные средства измерения пространственных координат, универсальное и практичное программное обеспечение, комплексные технологии, позволяющие автоматизировать камеральные и полевые этапы работ, обеспечивающие наиболее легкое интегрирование данных геодезических измерений в САПР и ГИС. Несмотря на стремительное развитие новых областей геодезии, таких как наземное лазерное сканирование и спутниковые методы измерения, традиционные геодезические приборы – электронные тахеометры не перестают занимать не менее важное место среди геодезических приборов. Тахеометр – геодезический прибор для измерения вертикальных и горизонтальных углов, расстояний [1, с. 196]. Применяется при вычислении высот точек и координат местности при топографической съёмке местности, при разбивочных работах, переносе на местность координат проектных точек и высот. Интегрированные тахеометры, в которых все устройства (угломерные, дальномерные, процессор, зрительная труба, клавиатура) объединены в один механизм. Модульные тахеометры, которые собраны из отдельно сконструированного теодолита (электронного или оптического) и светодальномера [2, с. 144]. В электронных тахеометрах все расстояния измеряются за счет разности фаз испускаемого и отраженного луча, так называемый «фазовый метод», а в редких случаях – по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно, так называемый «импульсный метод». Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра, а также от многих внешних параметров: температуры, давления, влажности и т.п. Диапазон измерения расстояний вдобавок зависит от режима работы тахеометра: отражательный либо безотражательный. Дальность измерений при безотражательном режиме непосредственно зависит от отражающих свойств поверхности, на которую производится данное измерение [3, с. 94]. Дальность измерений на светлую гладкую поверхность (штукатурка, стены, кафельная плитка и т.п.) в разы превышает максимально возможное расстояние, измеренное на темную поверхность. Пиковая дальность линейных измерений в режиме с отражателем (призмой)

достигает пяти километров (при наличии нескольких призм – ещё дальше); для безотражательного режима достигает одного километра. Модели тахеометров, которые имеют безотражательный режим, способны измерять расстояния фактически до любой поверхности, но следует с осторожностью относиться к результатам измерений, которые проводятся сквозь ветки, листья и подобные препятствия, поскольку неизвестно, от чего именно отразится луч, и, соответственно, расстояние до чего он измерит. Точность угловых измерений современным тахеометром может достигать 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) [4, с. 190]. Точность линейных измерений в безотражательном режиме –  $2 \text{ мм} + 2 \text{ мм на км}$ . Большая часть современных тахеометров оборудованы вычислительными и запоминающими устройствами, которые позволяют сохранять измеренные или проектные данные, вычислять координаты точек, недоступных для прямых измерений, по косвенным наблюдениям, и т.д. Немногие современные модели дополнительно оснащены системой GPS (например, Leica Smart Station) [5, с. 23–28]. Ещё одна особенность современных измерительных устройств в их защищённости. Работы производятся при разных метеорологических условиях, но дождь, снег, ветер, пыль и грязь не приносят никакого вреда. Существуют модели, рассчитанные на эксплуатацию в особенно жёстких условиях. Например, устройство способно работать при  $-30$  градусов. Подобные модели используют при работе в северных районах [6, с. 187–191].

### **Как пользоваться тахеометром?**

Лазерное устройство необходимо при выполнении вычислений и выносе показаний в натуру. Его устанавливают на точке с известными координатами, задаются точки для ориентации или угол ориентирования. Далее производится создание точки для выноса результатов. Все координаты высвечиваются на панели автоматически при малейшем изменении положения устройства. Следовательно, легко проводить любые работы тахеометром с вмещением или же между точками и высотами. Наиболее удобна функция обратной засечки при выполнении геодезических работ в карьере. Суть состоит в том, что устройство устанавливается на первом объекте для вычисления координат, вдобавок лучше всего устанавливать его на краях карьера. После завершения съёмки тахеометр снова устанавливается для повторной обратной засечки. Координаты рассчитываются в обратную сторону, а программное обеспечение анализирует и получает картинку о сделанных работах, схемах и разделяет всё это на квадраты, имеющие общее описание.

### **Преимущества тахеометра**

Работа с теодолитом требует вести записи в журнал, а работа с тахеометром лишь вести абрис, а данные по дистанциям, углам и номерам пикетов прибор записывает и сохраняет в памяти. При изменении местоположения данного геодезического прибора следует лишь задать новую станцию и первый пикет, а далее навести на отражатель и получить рассчитанные тахеометром измерения, нажав одну кнопку. Электронный тахеометр рассчитывает горизонтальные дистанции самостоятельно, в автоматическом режиме. На его мониторе демонстрируются наклонное расстояние, положении по горизонтали и превышения, или же наклонное расстояние и углы (горизонтальный и вертикальный) – отображение любого из двух данных вариантов управляется вручную оператором. Тахеометр необходим при проведении выноса в натуру – для этого надо установить его в точке с известными координатами, задать координаты точки ориентирования или же ввести дирекционный угол для ориентирования. Далее выставить точку для выноса, введя ее координаты – на мониторе прибора высветится угол поворота и дистанция, которую нужно отмерить в данном направлении. Разумеется, с помощью тахеометра можно производить измерения дистанции между точками и высоты объекта, замеры со смещением – этот прибор осуществляет все функции теодолита. При выполнении геодезических работ в карьере будет удобна такая полезная функция как – получение собственных координат путем обратной засечки. При первой установке электронного тахеометра, за счет использования отражательной пленки,

вычисляются координаты некоторых объектов, которые располагаются на краях карьера. После завершения карьерных работ прибор устанавливается вторично и, воспользовавшись обратной засечкой, рассчитываются координаты точки установки, вдобавок проводится съемка карьера. Соответствующее программное обеспечение на основании вычислений тахеометра поможет быстро получить картину выполненных работ в карьере – схемами по квадратам, с их общим описанием [7, с. 109].

### **Применение тахеометра**

#### ***При строительстве мостов и тоннелей***

В разбивочной сети измеряют по возможности все углы и расстояния. Измерения выполняют с помощью электронных тахеометров не менее чем тремя приемами. Углы измеряют со средней квадратической погрешностью 2"–5", а расстояния – 2–3 мм. Средние квадратические погрешности определения координат пунктов не должны превышать 6 мм.

#### ***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, выполненный при использовании электронных тахеометров. Проектные линии закрепляют столбами из древесины либо другим способом, обеспечивающим длительную сохранность точки [8, с. 164–165].

#### ***Для исполнительной съемки лифтовых шахт***

Современный электронный тахеометр значительно упрощает выполнение этой задачи, так как данный прибор можно использовать не только в функции вертикального проецирования, а так же для исполнительной съемки лифтовой шахты усовершенствованным полярным способом. При реализации электронный тахеометр, снабженный диагональным окуляром, устанавливают над опорным знаком в приямке шахты, а контрольные точки лифтовой шахты определяют за счет построенной переносной марки-светоотражателя в виде диска радиусом  $r$ , закрепленный на стержне-ручке и ориентированный перпендикулярно лазерному лучу.

### **Заключение**

При выборе какой-либо модели электронного тахеометра, а точнее при выборе какого-либо производителя, так как характеристики тахеометров в разных ценовых категориях в целом аналогичны, главным условием будет приобретение прибора у опытного и профессионального поставщика. Специализированные работники подберут модель, подходящую по всем критериям и нуждам заказчика, включая современное программное обеспечение, работой с которым необходимо будет обучить сотрудников заказчика. По частоте упоминания в профессиональной литературе и на онлайн-ресурсах, в ТОП-список входят:

- Leica, Швейцария;
- Sokkia, Япония;
- Nikon, Япония;
- Topcon, Япония.

Современные тахеометры сложны по своему устройству и отнюдь не дешевы – тщательность в выборе прибора с оптимальным набором функций крайне важна.

### **Литература:**

1. 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.
2. Исмаилов В., Фурсина Ю.В., Иванова С.О., Валуева Ю.М., Семиренко В.А., Шевченко Г.Г. Скорость и точность – отличие современных геодезических приборов от классических. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=499> (дата обращения: 03.07.2018).

3. Гура Т.А., Глазков Р.Е. Точность и надежность электронных тахеометров // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 11 (364). – С. 90–99.

4. Кононец М.Ю. Обеспечение точности измерения электронными тахеометрами. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2017/2-2017?id=903> (дата обращения: 03.07.2018).

5. 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.

6. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров : монография. – Краснодар, 2016.

7. Пинчук А.П., Голотина Ю.И., Гурова М.С., Шумейкина В.С. Об исследованиях оптических теодолитов и электронных тахеометров. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=492> (дата обращения: 03.07.2018).

8. Баллуян И.В. Геодезические работы при строительстве зданий и сооружений. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2017/2-2017?id=897> (дата обращения: 03.07.2018).

### References:

1. 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.

2. Ismailov V., Fursina Yu.V., Ivanov S.O., Valuyeva Yu.M., Semirenko V. A., Shevchenko G.G. Skorost and accuracy – difference of modern geodetic devices from classical. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=499> (date of the address: 7/3/2018).

3. 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.

4. Kononets M.Yu. Ensuring accuracy of measurement with electronic tacheometers. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2017/2-2017?id=903> (date of the address: 7/3/2018).

5. 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.

6. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. About researches of goniometric errors of electronic tacheometers : monograph. – Krasnodar, 2016.

7. Pinchuk A.P., Golotina Yu.I., Gurova M.S., Shumeykina V.S. About researches of optical theodolites and electronic tacheometers. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=492> (date of the address: 7/3/2018).

8. Balluyan I.V. Geodetic works at construction of buildings and constructions. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2017/2-2017?id=897> (date of the address: 7/3/2018).