

УДК 528

**ОБЗОР ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ И ТАХЕОМЕТРОВ,  
ВЫЯВЛЕНИЕ ИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ**

**REVIEW OF ELECTRONIC THEODOLITES AND TACHEOMETERS,  
IDENTIFYING THEIR POSITIVE AND NEGATIVE QUALITIES**

**Петренко Денис Васильевич**

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

**Дегтярева Анастасия Владимировна**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
nasya.degtyareva.2013@mail.ru

**Левкова Виктория Алексеевна**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
Haukyun.kumiko@gmail.com

**Анищенко Елизавета Валерьевна**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
kykmber.ru1917@icloud.com

**Акопян Георгий Тариелович**

Лаборант-исследователь  
кафедры кадастра и геоинженерии,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
Georg00023@yandex.ru

**Аннотация.** Данная статья посвящена обзору современных тахеометров и электронных теодолитов, а также выявлены их достоинства и недостатки.

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

**Petrenkov Denis Vasilyevich**

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

**Degtyareva Anastasia Vladimirovna**

Student,  
Kuban state technological university  
nasya.degtyareva.2013@mail.ru

**Levkova Victoria Alekseevna**

Student,  
Kuban state technological university  
Haukyun.kumiko@gmail.com

**Anishchenko Elizaveta Valerievna**

Student,  
Kuban state technological university  
kykmber.ru1917@icloud.com

**Akopyan Georgiy Tarielovich**

Laboratory assistant-researcher  
of the cadastre  
and geoengineering department,  
Kuban State Technological University  
Georg00023@yandex.ru

**Annotation.** This article is devoted to a review of modern tacheometers and electronic theodolites their merits and demerits are revealed.

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

**К** новому поколению высокоточных геодезических приборов относятся электронные теодолиты и тахеометры. Они активно используются в геодезии и проектировании для изыскательных и измерительных работ и позволяют автоматизировать процесс измерений.

Рассмотрим подробнее электронные теодолиты.

Электронный теодолит – это современный геодезический прибор, в котором угломерные градуированные круги заменены электронными датчиками и жидкокристаллическим дисплеем [1, с. 276].

В свою очередь теодолиты классифицируются на разные типы.

По точности:

- высокоточные или инженерные (показатель средней квадратичной ошибки равен 0,5"–1"). Они используются чаще всего при создании геодезических сетей по государственному заказам;

- точные или строительные (показатель средней квадратичной ошибки равен 2"–10"). Они используются для выполнения работ повышенной точности в строительной сфере и прикладной геодезии, таких как: выверка планового положения оснований при установке крупногабаритного оборудования, контроль монтажа протяженных сооружений (мостов дамб и т.д.), фиксация отклонения элементов конструкции при эксплуатации зданий и сооружений в ходе наблюдения за деформациями;

- технические (показатель средней квадратичной ошибки равен 15"–30"). С их помощью осуществляются все основные виды геодезических работ в строительстве, такие как: прокладка теодолитных ходов, разметка котлованов, разбивка плановых осей, исполнительная съемка на промежуточных этапах строительства [2, с. 13].

Для удобства пользователей теодолиты, в зависимости от точности окрашивают в различные цвета. Точные имеют оранжевую окраску, а технические – серую.

Также по конструкции электронный теодолит может быть с компенсатором вертикального круга или без него [3, с. 18]. Чаще всего они имеют двух осевой компенсатор, который позволяет компенсировать отклонение вертикальной и горизонтальной оси теодолита. Кроме того, теодолит может быть с применением отвеса лазерного или оптического типа. Он предназначен для удобства центрования [4].

Как и все измерительные приборы, электронный теодолит имеет свои достоинства и недостатки. Рассмотрим некоторые из них.

Одним из достоинств электронного теодолита можно выделить наличие дисплея, что позволяет исключить визуальную ошибку при снятии отсчета, а также сократить время измерения. Это гораздо удобнее нежели угломерные градуированные круги, которыми оснащен оптический теодолит.

Следующее достоинство, которое хотелось бы выделить это возможность использовать электронный теодолит в условиях пониженной освещенности, что позволяет ускорить геодезические работы.

Следует также отметить, что электронный теодолит прост в эксплуатации и на нем может работать человек без специального профильного образования. А также, отснятые данные могут быть переданы на внешний носитель или записаны во внутреннее запоминающее устройство.

Говоря о недостатках, мы можем выделить, что температурный диапазон у электронных теодолитов ограничен. Это связано с тем, что жидкокристаллический дисплей замерзает при температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ . Этот недостаток делает невозможным проведение геодезических работ данным прибором в условиях низких температур.

Следующий недостаток, который хотелось бы выделить это зарядка прибора от аккумулятора, ведь это приводит к необходимости иметь доступ к электрической сети, что не удобно в случае, когда нужно выполнять длительные геодезические работы [5, с. 172–173].

Далее хотелось бы рассмотреть электронные тахеометры.

Электронный тахеометр – это multifunctional и универсальный измерительный прибор, включающий в себя угломерную часть, светодальномер и встроенную ЭВМ [6, с. 27]. Говоря другими словами, он представляет собой некий симбиоз теодолита и компьютера [13].

Угломерная часть сконструирована на базе кодового теодолита. С ее помощью определяются вертикальные и горизонтальные углы. Светодальномер позволяет измерять расстояние до отражателя, который устанавливается на штативе или вышке, которую можно переносить с точки на точку. Встроенная ЭВМ обеспечивает решение ряда различных геодезических задач благодаря встроенному набору необходимых прикладных программ. Кроме того, ЭВМ обеспечивает управление прибором, контроль результатов измерений и их хранение, ввод и сохранение данных о станции (координаты, высота прибора, номер точки, имя оператора, дата, время, погода). Помимо этого, электронный тахеометр оснащен панелью управления, на которой расположена клавиатура, позволяющая производить управление процессом измерений и процессом ввода информации, который можно производить при помощи дистанционного пульта [7, с. 108–109]. Также прибор может иметь световой указатель направления створа, что заметно облегчает установку отражателя по направлению визирования. Геодезические задачи решаются с учетом поправок за кривизну Земли, температуру и давление, разность высот штативов прибора и отражателя. Так же следует учитывать систематические ошибки измерения горизонтальных углов.

Повысить точность прибора можно, введя поправки за систематические ошибки или несколько усложнив методику измерений [8, с. 3].

Основным предназначением электронного тахеометра является создание планов местности в заданном масштабе с нанесением особенностей рельефа. Однако это не все задачи, которые можно решать при помощи данного прибора. С его помощью решаются такие инженерные задачи как: вычисление горизонтальных и вертикальных углов; определение азимута, горизонтальных проложений, а также превышений и высот точек; определение приращения координат, плоских и пространственных координат точек, недоступных для установки отражателя, что позволяет измерить расстояние при наличии препятствий в виде рек, обрывов и т.д.; определение высот недоступных объектов; определение дирекционных углов; вычисление координат по результатам засечек; определение трехмерных координат реечных точек; вынос в натуру трехмерных координат точек; измерение со смещением по углу, вычисление площадей и т.д. [1, с. 277].

Электронные тахеометры подразделяют на основе способа регистрации сигнала измерителем расстояния. Они бывают двух типов: для определения расстояний используется разница в фазах луча или для измерения расстояний до объекта вычисляется время прохождения луча лазера [9].

Так же рассмотрим достоинства и недостатки электронных тахеометров.

Среди достоинств в первую очередь хотелось бы выделить такое положительное качество, как непродолжительность измерений. Это позволяет заметно сократить время проведения геодезических изысканий [10, с. 281].

Еще одним достоинством, которым также обладают электронные теодолиты является возможность работы в темное время суток. Однако, в отличие от теодолитов при помощи тахеометра можно производить работы и в неблагоприятных погодных условиях. В данных о приборе указывается степень пылезащиты и влагозащиты обозначаемая относительным коэффициентом, показывающим насколько прибор защищен от внешних факторов [11, с. 93].

Так же необходимо выделить такое достоинство тахеометров, как возможность производить высокоточные измерения и решать широкий спектр задач, которые были описаны выше.

Следует так же отметить, что данный прибор дает возможность работы в одиночку, а также передавать данные на электронные носители. Широкий интерфейс позволяет загружать координаты из ПК для выноса в натуру зданий [12, с. 270].

Недостатки тахеометра схожи с недостатками электронного теодолита. Это так же ограниченный диапазон рабочих температур, по причине того, что прибор оснащен жидкокристаллическим дисплеем, зависимость от электрической сети, т.к. необходимо подзаряжать аккумулятор. Однако, следует добавить, что тахеометр обладает своим недостатком – высокие требования по программному обеспечению.

Подводя итог, хотелось бы сравнить, в чем различия между электронным теодолитом и тахеометром. Хоть они и выполняют одинаковые задачи: нахождение в пространстве координат нужных позиций и вынос на местность проектных точек, тахеометр обладает богатым функционалом. Помимо того, что он может выполнять функции электронного теодолита и тахеометра, в дополнение к этому, благодаря встроенному дальномеру стали возможны нахождение линейных величин без использования делительных измерительных приборов, таких как, например, лазерный дальномер. Так же, заметно упрощены расчеты, ведь многие тахеометры автоматически производят необходимые вычисления, кроме того все данные хранятся в памяти устройства и при необходимости воспроизводятся. Однако, если для работы достаточно того функционала, которым обладает электронный теодолит, то необходимость в приобретении тахеометра отсутствует, в связи с тем, что разница в стоимости между теодолитом и тахеометром достаточно велика.

## Литература:

1. Петренков Д.В., Климова П.О. Электронные теодолиты и тахеометры // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 276–279.
2. Куштин В.И. Конспект лекций по дисциплине «Высшая геодезия». – 2017. – С. 31.

3. Макаров К.Н. Основы инженерной геодезии : учебное пособие для студентов очно-заочной и заочной форм обучения строительных специальностей. – 2008. – С. 93.
4. URL : <http://www.geototal.ru/articles-n-video/yelektronye-i-opticheskie-teodolity-v-chem-raznica.html> (дата обращения 25.06.2019).
5. Шишкина В.А. [и др.]. Сравнительный анализ современных электронных теодолитов, тахеометров и лазерных дальномеров // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 12. – С. 170–179.
6. Атрошко Е.К. [и др.]. Электронные геодезические приборы и работа с ними : учеб.-метод. пособие для вузов. – 2008. – С. 91.
7. Киселев М.И., Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия : учебник для вузов. – 2004. – С. 108–109.
8. Гура Д.А., Аветисян Г.Г., Желтко Ч.Н. Об исследованиях угломерных ошибок горизонтального круга электронных тахеометров разложением в ряды Фурье // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2011. – № 2. – С. 3–6.
9. URL : <http://fb.ru/article/324806/elektronnyie-teodolity-i-taheometryi> (дата обращения 24.06.2019).
10. Петренков Д.В., Лопатченко А.Н. Электронные тахеометры: общие сведения, виды и принцип работы // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 280–283.
11. Гура Т.А., Глазков. Точность и надежность электронных тахеометров // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – С. 90–99.
12. Петренков Д.В. [и др.]. Применение электронных тахеометров для производства тахеометрической съемки // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 269–272.
13. Калинин В.А., Грибкова Л.А. Изучение тахеометра: от простого к сложному // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 231–234.

#### References:

1. Petrenkov D.V., Klimova P.O. Electronic theodolites and tacheometers // Science. Techniques. Technologies (polytechnic bulletin). – 2018. – № 2. – P. 276–279.
2. Kushtin V.I. Summary of lectures on the discipline «Higher Geodesy». – 2017. – P. 31.
3. Makarov K.N. Basics of Engineering Geodesy : textbook for full-time and part-time students of construction specialties. – 2008. – P. 93.
4. URL : <http://www.geototal.ru/articles-n-video/yelektronye-i-opticheskie-teodolity-v-chem-raznica.html> (date of application 25.06.2019).
5. Shishkina V.A. [et al.]. Comparative analysis of the modern electronic theodolites, tacheometers and laser rangefinders // Research papers of Kuban State Technical University. – 2016. – № 12. – P. 170–179.
6. Atroshko E.K. [et al.]. Electronic geodetic devices and work with them : educational-methodical manual for higher education institutions. – 2008. – P. 91.
7. Kiselev M.I., Mikhelev D.S., Feldman V.D. Engineering geodesy : textbook for higher education institutions. – 2004. – P. 108–109.
8. Gura D.A., Avetisyan G.G., Zheltko Ch.N. About the studies of the angular errors of the horizontal circle of the electronic tacheometers by the decomposition into the Fourier series // Nauka. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2011. – № 2. – P. 3–6.
9. URL : <http://fb.ru/article/324806/elektronnyie-teodolity-i-taheometryi> (contact date: 24.06.2019).
10. Petrenkov D.V., Lopatchenko A.N. Electronic total stations: general information, types and principle of operation // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2018. – № 2. – P. 280–283.
11. Gura T.A., Glazkov. Accuracy and reliability of electronic total stations // Electronic Network Polythematic Journal «Scientific Works of Kuban State Technical University». – 2017. – P. 90–99.
12. Petrenkov D.V. [et al.]. Application of the electronic total stations for the production of the ta-geometric survey // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2018. – № 2. – P. 269–272.
13. Kalinin V.A., Gribkova L.A. Study of the total station: from simple to complex // Science. Technique. Technologies (polytechnic limestone). – 2018. – № 2. – P. 231–234.