

ЭЛЕКТРОНДУК ТЕОДОЛИТТИН ТАРЫХЫ ЖАНА ӨНҮГҮҮ ЖОЛДОРУ

Кудабаев Мирлан Дилдемурамович

*“Геодезия жана геоинформатика” кафедрасынын ага окутуучусу,
Н. Исанов атындагы Кыргыз Мамлекеттик Курулуш, Транспорт жана
Архитектура Университети, Кыргызстан, Бишкек ш., Малдыбаев көч., 34Б*

mirlan_kudabayev@mail.ru

Исаидинова Эркайым Исаидиновна

“Геодезия жана геоинформатика” кафедрасынын студенти

erkaiymsharabidinova@gmail.com

Жыргалбаева Салкын Жыргалбаевна

“Геодезия жана геоинформатика” кафедрасынын студенти

jyrgalbaevaaa@gmail.com

Кадыркулов Мурат Оханович

“Геодезия жана геоинформатика” кафедрасынын студенти

muratkadyrkulov@gmail.com

Аннотация. Бул макалада электрондук теодолиттин тарыхы жана өнүгүү жолдору каралат. Бул макаланын максаты ар кандай муундагы электрондук теодолиттердин функционалдык мүмкүнчүлүктөрүн илимий салыштырмалуу талдоо жүргүзүү болуп саналат. Кененирээк изилдөө үчүн, эки түрдүү тактыктагы электрондук теодолиттер салыштырылды. Алардын бурчтук тактыктары 0,5" жана 2" болгон эски жана жаны үлгүдөгү түрлөрү алдынкы ишканалардан алынган. Салыштырмалуу талдоонун жыйынтыгы боюнча заманбап электрондук теодолиттердин айырмалары, өзгөчөлүктөрү жана артыкчылыктары аныкталган. Өзгөчө пайдалана, колдоно турган ылайыктуу аймактары көрсөтүлгөн. Тигил же бул аспапты колдонуу тармагын эске алуу менен техникалык мүнөздөмөлөрдү толук иликтөө, адиске максатка ылайык тандап алууга мүмкүндүк берет. Мындан ары, өткөн муундагы ар кандай тактыктагы электрондук теодолиттерди заманбап электрондук теодолиттер менен илимий салыштырма талдоосун жүргүзүүгө болот.

Өзөктүү сөздөр: коддук теодолит, электрондук теодолит, салыштырмалуу талдоо, техникалык мүнөздөмөлөр, өлчөө тактыктары.

ИСТОРИЯ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ

Кудабаев Мирлан Дилдемурамович

*Старший преподаватель кафедры “Геодезия и геоинформатика”,
Кыргызский Государственный Университет Строительства, Транспорта и
Архитектуры имени Н. Исанова”, Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34Б*

mirlan_kudabayev@mail.ru

Исаудинова Эркеайым Исаудиновна

студент кафедры “Геодезия и геоинформатика”

erkaiymsharabidinova@gmail.com

Жыргалбаева Салкын Жыргалбаевна

студент кафедры “Геодезия и геоинформатика”

jyrgalbaevaaa@gmail.com

Кадыркулов Мурат Оханович

студент кафедры “Геодезия и геоинформатика”

muratkadyrkulov@gmail.com

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы истории и пути развития электронных теодолитов. Целью данной статьи является проведение научного сравнительного анализа функциональных возможностей электронных теодолитов различных поколений. Для подробного сравнительного анализа были приведены технические характеристики некоторых электронных теодолитов с точностью угла 0,5" раннего и точностью угла 2" позднего моделей нескольких ведущих фирм-производителей. По результатам сравнительного анализа выявлены отличия, особенности и преимущества современных электронных теодолитов. Показаны наиболее подходящие области применения, особенности использования. Подробное изучение технических характеристик с учетом области применения того или иного прибора позволяет сделать специалисту наиболее целесообразный выбор. В дальнейшем можно провести научные сравнительные анализы электронных теодолитов различных точностей прошлого поколения с современными электронными теодолитами соответствующими точностями.*

***Ключевые слова:** кодовый теодолит, электронный теодолит, сравнительный анализ, технические характеристики, точности измерений.*

HISTORY AND WAYS OF DEVELOPMENT OF ELECTRONIC THEODOLITES

Kudabayev Mirlan Dildemuratovich

Senior teacher of the “Geodesy and Geoinformatics”

department Kyrgyz State University of Construction,

Transport and Architecture of N.Isanov

mirlan_kudabayev@mail.ru

Isaidinova Erkeaiym Isaidinovna

Student of the “Geodesy and geoinformatics” department.

erkaiymsharabidinova@gmail.com

Jyrgalbayeva Salkyn Jyrgalbayevna

Student of the “Geodesy and geoinformatics” department.

jyrgalbaevaaa@gmail.com

Kadyrkulov Murat Ohapovich

Student of the “Geodesy and geoinformatics” department.

muratkadyrkulov@gmail.com

Annotation: *The article deals with the history and development of electronic theodolites. The purpose of this article is to conduct a scientific comparative analysis of the functionality of electronic theodolites of different generations. For a detailed comparative analysis, the technical characteristics of some electronic theodolites with an angle accuracy of 0.5" early and an angle accuracy of 2" late models of several leading manufacturers were given. The results of the comparative analysis revealed the differences, features and advantages of modern electronic theodolites. The most suitable fields of application, features of use are shown. A detailed study of the technical characteristics, taking into account the field of application of a particular device allows the specialist to make the most appropriate choice. In the future, it is possible to conduct scientific comparative analyses of electronic theodolites of different accuracy of the last generation with modern electronic theodolites corresponding accuracy.*

Key words: *code theodolite, electronic theodolite, comparative analysis, technical characteristics, measurement accuracy.*

УДК:528.521.2

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ

Электронные теодолиты - это геодезические приборы, предназначенные для измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояния между точек на местности. Первые электронные теодолиты появились в 70-е годы прошлого столетия и очень быстро завоевали популярность, потому что значительно упростили процесс замера. В них ведущая роль отведена микропроцессору, который обрабатывает всю информацию и помогает произвести настройки точнее. Более того, с ним не нужно

иметь диплом специалиста, чтобы успешно пользоваться такой техникой – это отличительная особенность и один из несомненных плюсов электронных теодолитов.

К кодовым теодолитам относятся следующие теодолиты: кодовый дальномерный теодолит фирмы Керн, кодовый теодолит FLT 3 фирмы «Феннель», кодовый теодолит Ко-В1 фирмы MOM, кодовый теодолит Digitran фирмы W. & L.E. Gurley и т.д. [1].

Кодовый теодолит Digitran фирмы W. & L.E. Gurley. Данные горизонтального и вертикального кругов закодированы пятью знаками естественного двоично-десятичного кода и могут быть зарегистрированы в цифровом регистре, на перфоленте, на магнитной ленте или прямо переданы в автоматический счётчик. Из преобразователя выход дается также в естественном двоично-десятичном коде. Автоматическая запись двояка: либо простая, осуществляемая включением автоматически соответствующим рычажком, либо непрерывная с частотой 1 с. Круги диаметром 135 мм снабжены, кроме того, обычной шкалой, так что данные можно считывать отсчетным микроскопом. Точность регистрации и отсчитывания 0.01° . прибор имеет зрительную трубу с внутренней фокусировкой с расстояния от 1,6 м, с увеличением 24^{\times} длиной 27 см с входным отверстием 33 мм. Электрическая система питается от батареи 12В [1].

В странах СНГ электронные теодолиты появились в 90-х годах XX века. Например, высокоточные электронные теодолиты Wild T2000, Wild TC2000, Wild T2000S фирмы «Вильд Хербругг» (Швейцария). Зрительная труба дает прямое изображение высокого качества, диаметр объектива 52 мм, увеличение трубы 43^{\times} (стандартное), но может быть установлено равным 26, 35 и 59^{\times} . Имеется два режима измерения углов: простой для измерения углов с наивысшей точностью и следящий для наблюдений за движущейся целью. Теодолит нормально работает в диапазоне температур от -20 до $+50^\circ\text{C}$. Масса теодолита без батарей для электропитания 9,7 кг, масса батарей 0,8 кг. Без перезарядки может быть выполнено 1500 угловых измерений. Теодолит имеет компенсатор, устанавливающий нуль-пункт вертикального круга в исходное положение. Точность отсчета по кругам может быть задана по усмотрению наблюдателя либо 1", либо 0,1". Отсчеты по горизонтальному кругу автоматически исправляются поправками за эксцентриситет, коллимационную ошибку и наклон горизонтальной оси трубы. Отсчеты могут быть выражены как в градусах, так и в гонах ($1/400$ часть окружности). Теодолит T2000 S в значительной мере автоматизирует процесс высокоточных измерений и обработки их результатов, повышает

производительность труда при наблюдениях; он прост в обращении, надежен в работе и обеспечивает высокую точность измерений, в частности, горизонтальных углов со средней квадратической ошибкой порядка 0,5" (без учета влияний внешней среды). В современных электронных теодолитах применяются специальные лимбы, с нанесенными определенным образом черными и белыми полосами, которые подобны штрих-коду. Система фиксации результатов измерений основана на двоичном коде электронно-вычислительных машин: белые полосы на лимбе соответствуют "0", а черные - "1". Полученные при просвете полос сигналы обрабатываются и записываются в память прибора. Подобный принцип позволяет в режиме реального времени выводить на дисплей прибора значения измеряемых углов. Таким образом, исключаются ошибки при снятии отсчетов человеком и, следовательно, повышается скорость выполнения и качество работ [2].

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ

Таблица 1. Технические характеристики электронных теодолитов прошлого поколения [3].

Электронные теодолиты	Wild T2000	Wild TC2000	Wild T2000S
Измерение углов: Стандартное отклонение (соотв. DIN1872)	Hz: 0,15мгон (0,5") 1 гон = 3240" V: 0,15 мгон (0,5")		
Телескоп: Апертура объектива: Увеличение:	42мм 32х с FOK73 (Кратностью 42х с FOK53)	42мм 30х с FOK73 (44х с FOK53)	52мм 43х с FOK73 (59х с FOK53)
Кратчайшее фокусное расстояние: Поле обзора:	1,7 м 27м (1°33') на 1000м	0.9 м 26м (1°30') на 1000м	60см 20м (1°08') на 1000м
Измерение расстояния: Стандартное отклонение: Диапазон:		±(2 мм + 2 * 10 ⁻⁶ D) 2,5 км с призмой (Средние атмосферные условия)	
Год выпуска	1983 - 1987		1984 - 1991

Таблица 2. Технические характеристики современных электронных теодолитов [4].

Электронные теодолиты	EFT 21T	Topcon DT-202	RGK T-02.	Spectra Precision DET-2
Зрительная труба				
Увеличение	30x	30 x	30x	30x
Клавиатура	умная клавиатура для POS терминала	6 клавиш		6 клавиш
Наименьшее расстояние визирования	1 м	0.9 м	1,35 м	1.35 м
Измерение углов				
Точность измерения угла	2"	2 "	2"	2"
Компенсатор				
Компенсатор	есть	есть	есть	есть
Рабочий диапазон компенсатор	±3		±3'	±3'
Оптический центрир				
Изображение	прямое	прямое	прямое	прямое
Центрир	лазерный		оптический	оптический
Угол поля зрения		1° 30'	1° 30'	1°30'
Диапазон фокусирования		от 0.5м до ∞		от 0,5 м до ∞
Температура				
Рабочая температура	от -25°до +50°С	от -20°С до +50°С	от -20°С до +50°С	от -20° до +50°С
Питание				
Батарея		4 АА батарейки	Алкалиновая батарея или перезаряжаемый Ni-H2 аккумулятор	4 батареи типа АА NiMH, 4, 8В, 1500мАч
Время работы от аккумулятора	15-20 часов	140 часов	36 часов	36 часов
Общие				
Масса теодолита	4,6 кг	4,1 кг	4,8 кг (без кейса), 7,0 кг (с кейсом)	4.5 кг
Пылевлагозащита	IP66	IP-66	IP45	IP54
Диаметр объектива	45 мм	45 мм	45 мм	45мм
Страна-производитель	Китай	Россия	Россия	Швеция
Год выпуска	22.07.2014	2011	2017	2010
Другие особенности		имеет съемный трегер для	лазерный целеуказатель, двухсторонний	

		легкой установки	Ж-К дисплей	
--	--	---------------------	-------------	--

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ

Кодовые теодолиты. Данные горизонтального и вертикального кругов закодированы пятью знаками естественного двоично-десятичного кода и могут быть зарегистрированы в цифровом регистре, на перфоленте, на магнитной ленте или прямо переданы в автоматический счётчик. Из преобразователя выход дается также в естественном двоично-десятичном коде. Автоматическая запись двояка: либо простая, осуществляемая включением автоматически соответствующим рычажком, либо непрерывная с частотой 1 с.

Современные электронные теодолиты. Основное достоинство современных электронных теодолитов - это простота и точность снятия отсчётов с дисплея, вероятность ошибки при этом максимально мала. Имеется два режима измерения углов: простой для измерения углов с наивысшей точностью и следящий для наблюдений за движущейся целью. Теодолит имеет компенсатор, устанавливающий нуль-пункт вертикального круга в исходное положение. Отсчеты по горизонтальному кругу автоматически исправляются поправками за эксцентриситет, коллимационную ошибку и наклон горизонтальной оси трубы. В современных электронных теодолитах применяются специальные лимбы, с нанесенными определенным образом черными и белыми полосами, которые подобны штрих-коду. Система фиксации результатов измерений основана на двоичном коде электронно-вычислительных машин: белые полосы на лимбе соответствуют "0", а черные - "1". Полученные при просвете полос сигналы обрабатываются и записываются в память прибора. Подобный принцип позволяет в режиме реального времени выводить на дисплей прибора значения измеряемых углов. Некоторые модели электронных теодолитов оснащаются лазерным целеуказателем для выполнения разбивочных работ и проверки вертикальности сооружений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электронный теодолит – это уникальный инструмент, благодаря которому измерения угловых значений и расстояний становятся элементарно простыми. Этот геодезический инструмент стал, своего рода, прорывом в геодезии.

Сегодня, бесспорно, его место занял электронный тахеометр, способный выполнять гораздо больше функций. Но несмотря на этот факт, электронные теодолиты до сих пор востребованы. Современные электронные теодолиты обеспечивают измерения горизонтальных и вертикальных углов не только при геодезических работах, но и в топографической съемке местности, маркшейдерских и горных работах в шахтах, туннелях и пр., работах по строительству, азимутальным определениям, других задачах, связанных с необходимостью высокоточных и точных измерений, выносом проектов в натуру.

Список литературы

1. Гауф М. Электронные теодолиты и тахеометры. Чехословакия, 1974. Пер. с чешск. М., «Недра», 1978г., 150с.
2. http://eft-teodolit.ru/index.php?articles_id=1&route=information%2Farticles
3. http://www.wildheerbrugg.com/shop/product_info.php?products_id=262
4. <https://gis2000.ru/equipment/spectra-precision-det-2.html>