

## **ЭЛЕКТРОНДУК ТАХЕОМЕТРЛЕРДИН ТАРИХЫ ЖАНА ӨНҮГҮҮ ЖОЛДОРУ**

*Мирлан Дилдемурастович Кудабает*

*Н. Исанов атындагы Кыргыз Мамлекеттик Курулуш, Транспорт жана Архитектура  
Университети, Бишкек ш., Малдыбаев көч. 34Б, “Геодезия и Геоинформатика”  
кафедрасынын ага окутуучусу, e-mail: [mirlan\\_kudabayev@mail.ru](mailto:mirlan_kudabayev@mail.ru)*

*Лунара Бердигуловна Бердигулова*

*“Геодезия и Геоинформатика” кафедрасынын 3 курсунун студенти  
[lunaraberdigulova98@gmail.com](mailto:lunaraberdigulova98@gmail.com)*

*Айгерим Мейкиновна Мейкинова*

*“Геодезия и Геоинформатика” кафедрасынын 3 курсунун студенти  
[aigerimmeykinova@gmail.com](mailto:aigerimmeykinova@gmail.com)*

*Аннотация.* Берилген макала электрондук тахеометрлердин тарыхы жана өнүгүү жолдоруна арналган. Берилген макаланын максаты заманбап электрондук тахеометрлердин өзгөчөлүгүн, артыкчылыгын ачуу жана өткөн муундагы электрондук тахеометрлер менен салыштыруу. Биринчи муундагы Reg Elta, RECOTA, Геодиметр 700, Геодиметр 710, Тахимат TC 1, ET – 1 жана LEICA TS11 R1000 ARCTIC (1"), TOPCON OS-101L, TRIMBLE C5 TA OPTPL (1"), SOKKIA FX-101, заманбап электрондук тахеометрлерге өзгөчө көңүл бурулган. Изилдөөнүн негизги мазмуну электрондук тахеометрлердин техникалык мүнөздөмөлөрүн изилдөө жана талдоо болуп саналат. Талдоо корутундусунун негизинде электрондук тахеометрлердин функционалдуу мүмкүнчүлүгү жөнүндө жыйынтык чыгарылды. Ар түрдүү геодезиялык маселелерди чечүүдө электрондук тахеометрлерди колдонуу артыкчылыктары көрсөтүлгөн. Макалада бардык электрондук тахеометрлердин бурчтук катасы 1" болуп изилденилди. Келечекте башка бурчтук ката менен электрондук тахеометрлерге изилдөө жүргүзүлүшү мүмкүн.

**Өздүк сөздөр:** электрондук тахеометр, техникалык мүнөздөмөлөр, өнүгүү жолдору, өздөштүрүү жана талдоо.

## **ИСТОРИЯ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ**

*Мирлан Дилдемурастович Кудабает*

*Кыргызский Государственный Университет Строительства, Транспорта и  
Архитектуры имени Н. Исанова, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34Б, Старший*

*преподаватель кафедры “Геодезия и Геоинформатика”, e-mail:*

*[mirlan\\_kudabayev@mail.ru](mailto:mirlan_kudabayev@mail.ru)*

***Лунара Бердигуловна Бердигулова***

*Студент 3 курса кафедры “Геодезия и Геоинформатика”*

*[lunaraberdigulova98@gmail.com](mailto:lunaraberdigulova98@gmail.com)*

***Айгерим Мейкиновна Мейкинова***

*Студент 3 курса кафедры “Геодезия и Геоинформатика”*

*[aigerimmeikinova@gmail.com](mailto:aigerimmeikinova@gmail.com)*

***Аннотация.*** Данная статья посвящена истории и пути развития электронных тахеометров. Целью данной статьи является выявление особенности и преимущества современных электронных тахеометров, сравнивая их с электронными тахеометрами прошлых поколений. Особое внимание уделено изучением электронных тахеометров первого поколения Reg Elta, RECOTA, Геодиметр 700, Геодиметр 710, Тахимат TC 1, ET – 1 и современных электронных тахеометров LEICA TS11 R1000 ARCTIC (1"), TOPCON OS-101L, TRIMBLE C5 TA OPTPL (1"), SOKKIA FX-101. Основное содержание исследования составляет изучение и анализ технических характеристик электронных тахеометров. На основе результатов сравнительного анализа сделаны выводы о функциональных возможностях электронных тахеометров. Приведены преимущества использования электронных тахеометров в решении различных геодезических задач. В статье исследованы точности с угловой ошибкой 1" всех электронных тахеометров. В дальнейшем можно провести исследование электронных тахеометров с другими точностями угловых ошибок.

***Ключевые слова:*** электронный тахеометр, технические характеристики, пути развития, изучение и анализ.

## **HISTORY AND WAYS OF DEVELOPMENT OF ELECTRONIC TAHEOMETERS**

***Mirlan Dildemuratovich Kudabayev***

*Kyrgys state university of construction, transport and architecture of N. Isanov, city of Bishkek, Malydybayev Street 34B. Senior teacher of the ‘Geodesy and Geoinformatics’ department. E-mail: [mirlan\\_kudabayev@mail.ru](mailto:mirlan_kudabayev@mail.ru)*

***Lunara Berdigulovna Berdigulova***

*Student 3th course of the ‘Geodesy and Geoinformatics’ department*

*[lunaraberdigulova98@gmail.com](mailto:lunaraberdigulova98@gmail.com)*

***Aigerim Meikinovna Meikinova***

**Annotation.** *This article focuses on the history and development of electronic total stations. The purpose of this work is to identify the features and advantages of modern electronic tachometers, in contrast to electronic tachometers of the first and past generations. Particular attention is paid to the study of electronic tachometers of the first generation Reg Elta, RECOTA, Geodimeter 700, Geodimeter 710, Takhimat TS 1, ET - 1 and modern electronic total stations LEICA TS11 R1000 ARCTIC (1"), TOPCON OS-1L, TRIMBLE C5 TA OPTPL ("), SOKKIA FX-101. The main content of the study is the study and analysis of technical characteristics of electronic total stations. Based on the results of a comparative analysis, conclusions were drawn about the functionality of electronic total stations. The advantages of using electronic total stations in solving various geodetic tasks are given. The article investigates the accuracy with an angular error of 1" of all electronic tachometers. In the future, you can conduct a study of electronic total stations with different accuracy of the angular errors.*

**Key words:** *electronic total station, technical characteristics, development paths, study and analysis.*

УДК: 528.531

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ**

XX век – это век внедрения электронных технологий в различные области производства и этот масштабный процесс не мог не коснуться такой не маловажной сферы как геодезия.

В Швеции появились первые геодезические дальномеры со звучным названием «Geodimeter». Почти через 30 лет им на смену пришли электронные тахеометры — приборы, измеряющие не только расстояния, но и вертикальные и горизонтальные углы. Первый прибор, изготовленный концерном AGA, был передан Э. Бергстранду в Географическое геодезическое бюро в Стокгольме. В 1955 г. был представлен Geodimeter Model 2, позволявший измерять линии длиной до 50 км.

В 1958 г. появился Geodimeter Model 4. В 1964 г. вышел Geodimeter Model 6, в котором впервые на смену радиолампам пришли транзисторы, а приемопередающее устройство получило коаксиальную оптику. В 1968 г., когда появился Geodimeter Model 8 с гелий-неоновым (He-Ne) лазером в качестве источника света, пропала необходимость в ночных наблюдениях. В 1971 г. вышел Geodimeter 700, который был назван его создателями «полной съемочной системой» («a complete surveying system»). Кроме

наклонного расстояния прибор измерял горизонтальные и вертикальные углы и вычислял горизонтальные проложения. Его стоимость составляла около 15 000 долл. США. В 1974 г. ему на смену пришел Geodimeter 710, в комплекте с которым поставлялось новое устройство — Geodat 700, предназначенное для автоматической записи результатов измерений на перфоленту или в виде кодов для передачи по телексу [1].

Следующим не маловажным этапом стало появление в начале 70-х годов электронного тахеометра, представленного фирмой Geotronics. Прибор имел только средство записи, которые обрабатывались на ЭВМ того времени.

Электронный тахеометр представляет собой систему, состоящую из оптико-электронного прибора, совмещающего в себе электронный теодолит, светодальномер, вычислительное устройство и регистратор информации. Значительную роль сыграло создание в 1986 г. «умной геодезической системы» Geodimeter System 400 обладающей высокими вычислительными возможностями [2].

К 1990 г. было выпущено 18 моделей электронных тахеометров, разных по точности, функциям и предназначению. Появились тахеометры с сервоприводами, позволявшие автоматически отслеживать перемещение отражателя, которые впервые были применены при гидрографических съемках.

Постепенная Компьютеризация тахеометров, усовершенствования операционных систем, внедрение сервоприводов, систем радиокommunikации дистанционного управления, системы автоматического наведения и слежения привела к созданию в 1990 г. новой системы Geodimeter System 4000, а вместе с ней новые термины: «роботизированная съемка», «тахеометры роботы».

Через некоторое время логотип Geodimeter исчез с электронных тахеометров. Возможно, прошло время изобретателей-одиночек и малых компаний, их имена и логотипы останутся только в истории. Наступило время крупных трансконтинентальных компаний, которые, тем не менее, очень любят поглощать малые компании вместе с их оригинальными и эффективными решениями. И кто знает, возможно, исчезнут и сегодняшние хорошо всем знакомые логотипы, а на смену им придут новые вместе с новыми технологическими решениями и новыми компаниями. Но это уже совсем другая история [3].

Современные электронные тахеометры, позволяющие измерять расстояния с точностью до нескольких миллиметров, дают возможность применить другие, нетрадиционные методы точных определений координат точек. Между тем современные

тахеометры, которыми можно измерять точные расстояния без отражательного режима, могут скомпенсировать этот недостаток. В связи с этим, предлагается применять иной способ определения смещений и осадок инженерных сооружений, который будет основываться на выполнении геодезического мониторинга без закрепления точек наблюдений

С появлением у электронных тахеометров функции безотражательного режима измерения расстояний область их применения значительно расширилась. Такие тахеометры применяют при производстве исполнительных съемок фасадных систем зданий любой этажности, при мониторинге инженерных сооружений, выверке технологического оборудования и в других областях.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Таблица 1. Электронные тахеометры первого поколения [3].

Электронные тахеометры	RECOTA	Геодиметр 710А	Тахимат ТС 1	ЕТ – 1
<b>Характеристика</b>				
<i>С электронным отсчетом углов</i>				
Точность	5 мм + 2 мм/км	5 мм + 1 мм/км	5 мм + 5 мм/км	5 мм + 5 мм/км
Дальность, км	До 3	До 5	До 2	2
Источник излучения	GaAs-диод	He-Ne-лазер, 1 мВт	GaAs-диод	GaAs-диод
Модулятор	Ячейка- Керра	Ячейка- Керра	Ячейка-Керра	Ячейка- Керра
Основная частота модуляции	15	30	15	-
Тип теодолита (по способу считывания углов)	Кодовой с интерпо- лятором	Кодовой с интерпо- лятором	Цифровой (инкремен- тальный)	Цифровой (инкремен- тальный)

Точность измерений углов, мгон	горизонтальных	0,5	0,5	0,6	0,6
1 мгон-3,2"	вертикальных	0,5	0,5	0,6	1
Масса, кг		12,8	25	9,8	6
Страна изготовления		ГДР	Швеция	Швейцария	Япония

Таблица 2. Современные электронные тахеометры [4].

Электронные тахеометры / Характеристика	LEICA TS11 R1000 ARCTIC (1")	TOPCON OS-101L	TRIMBLE C5 TA OPTPL (1")	SOKKIA FX-101
Точность, сек	1	1	1	1
Дальность измерений без отражателя, м	1000 метров	0.3 - 500 м.	800	500 метров
Дальность измерений на отражатель, м	3500 м (на отражатель GPR1), 2000 м (на отражатель GRZ4, GRZ122)	-	-	-
Объем памяти	Внутренняя: NAND Flash 1 ГБ / Съёмная: карта SD, накопитель USB	500 Мб USB флэш диски (до 8Гб)	512Мб (внешний) флэш-память до 4Гб (внутренняя)	500 МБ (внутренняя) USB флэш-накопители (макс. 8Гб)
Специальные устройства	Лазерный центрир, указатель створа (EGL5), модуль Bluetooth	Лазерный отвес модуль Bluetooth	Целеуказатель и створочный указатель	Лазерный целеуказатель и указатель створа

Дисплей	640 x 480 пкс (VGA) цветной TFT с LED подсветкой, сенсорный экран	С обеих сторон прибора, 3,5 дюйма, цветной TFT QVGA, сенсорный ввод	640 x 480	Цветной сенсорный дисплей 3.5" с одной стороны
Клавиатура	36 клавиш (12 функциональных, 12 буквенно-цифровых), подсветка	26 клавиш на панели управления + 1 клавиша на боковой панели	буквенно-цифровая	26 клавиш с подсветкой с одной стороны + клавиша на боковой панели
Батарея	2 аккумулятора GEB221	Li-Ion аккумулятор BDC70	2 (Li-Ion, 6.7Ah, 3.6V)	Li-Ion аккумулятор BDC70
Время работы	5 – 8 ч (от аккумулятора GEB221)	Более 20 ч	-	20 ч
Рабочая температура	от -35°C до +50°C	от -30°C до +50°C	от -20°C до +50°C	от -20°C до +50°C
Степень защиты	IP55	IP65	IP66	IP65
Вес, кг	5,8 – 6,1 кг (с аккумулятором GEB221 и триггером GDF121)	5,7 кг. тахеометр с батареей	4,4 кг	5.7кг
Страна изготовления	Швейцария	Япония	США	Япония

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СРАВНИТЕЛЬНОМУ АНАЛИЗУ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ**

**Электронные тахеометры первого поколения** Reg Elta 14, Геодиметр 700 и другие имеют электронные вычислительные устройства для автоматического получения горизонтальных расстояний, а Геодиметр имеет также устройство для автоматического введения в результат измерения расстояния метеорологической поправки. Результаты измерений в обоих приборах представляются автоматически на цифровом табло. К обоим приборам прилагаются ленточные перфораторы, позволяющие записать информацию, получаемую от тахеометра, для последующего непосредственного введения ее в ЭВМ или передачи по телеграфу без промежуточного преобразования.

Для измерения расстояний в тахеометре Reg Elta 14 используется дальномер (SM 11) со светодиодом в качестве источника света, а в Геодиметре 700 – гелий-неоновый газовый лазер. Для измерения углов в обоих тахеометрах используются кодовые диски с электронным отсчетом [5], [6].

**Электронные тахеометры последнего поколения** с точностью измерения углов (1") имеют микроЭВМ с памятью и устройством ввода и вывода данных, с регистрацией информации в запоминающем устройстве и её выводом на внешний накопитель. Имеется возможность в соответствии с заложенными программами в полевых условиях решать различные геодезические задачи, результаты могут выдаваться на табло, записываться в память или могут быть переданы на подключенный к прибору внешний накопитель информации.

Внешний полевой накопитель (“электронный полевой журнал”) хранит полученную в поле информацию для последующей обработки в камеральном вычислительном центре. Следовательно, современные электронные тахеометры позволяют создавать комплексную систему автоматизированного картографирования, состоящую из электронного тахеометра, полевого накопителя информации, стационарной ЭВМ и графопостроителя.

Дополнительные аксессуары к тахеометру: отражатель, веха телескопическая, геодезический штатив, пленочный отражатель, радиостанция, рюкзак для тахеометра и чехол для штатива.



**Выводы:** В настоящее время электронные тахеометры заменяют теодолиты, нивелиры и дальнометры своей универсальностью, тем самым становясь главным геодезическим прибором в строительной отрасли. Использование современных электронных тахеометров значительно повышает производительность труда, упрощает и сокращает время на обработку результатов измерений. Доказано существенное повышение эффективности геодезических работ при применении электронных тахеометров при межевании земель и землеустроительных работах.

В будущем развитие тахеометров будет происходить исходя из следующих концепций

- Увеличение скорости работы
- Полнейшая автоматизации работ
- Увеличение надёжности прибора
- Возможность работать при различных погодных условиях
- Увеличение точности работ
- Уменьшение веса приборов

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Обиняков В.Б. Из историй геодезических измерений. Geodimeter - первый электронный тахеометр. Геопрофи 3'2018.
2. Алкачев Т.Э., Шишов Н.А., Пастухов М.А. История и пути развития электронных геодезических приборов. Отраслевые научные и прикладные исследования: Науки о Земле, 2013г.
3. Большаков В.Д., Голубев А.Н. Справочник геодезиста (Книга 2). Москва “Недра” 1985г. 440с.
4. <http://www.geo-spektr.ru/taheometry/>
5. Большаков В.Д., Левчуук Г.П. Справочник геодезиста (Книга 1). Москва “Недра” 1975г. 1056 с.
6. Гауф М. Электронные теодолиты и тахеометры. Чехословакия, 1974г. Пер. с чешск. М., “Недра”, 1978г. 150с.