

# ИЗ ИСТОРИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ. GEODIMETER — ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ТАХЕОМЕТР

В.Б. Обиняков («РЕАЛЭСМЕДИА»)

В 1976 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». После окончания института работал в ЦНИИГАиК, ЦПГ «Терра Спейс», ООО «Лейка Геосистемз» и Росреестре. В настоящее время работает советником в ООО «РЕАЛЭСМЕДИА».

В течение нескольких столетий мерные цепи, проволоки и угломерные инструменты помогали геодезистам решать сложные геометрические задачи на поверхности Земли. Начиная с XVII века, методы триангуляции позволили достаточно точно вычислять длины протяженных линий, которые было невозможно измерить непосредственно. Но только в 1953 г. было создано электрооптическое устройство, позволившее быстро и с высокой точностью измерять значительные расстояния. Так, в Швеции появились первые геодезические дальнометры 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. Торговая марка «Geodimeter», символизовавшая передовые технологии, просуществовала на рынке геодезических приборов и инструментов почти 50 лет и бесследно исчезла в начале XXI века.

Предшествующая этому череда событий переносит нас в конец 1930-х гг., когда сотрудник Географического геодезического бюро в Стокгольме Эрик Бергстранд (Erik Bergstrand, 1904–1987) предложил идею

нового прибора, позволяющего измерять расстояния с помощью импульсных световых сигналов, при условии, что известна величина скорости распространения света — электромагнитных волн в видимом диапазоне. При поддержке Нобелевского института физики в Стокгольме Э. Бергстранд провел длительные исследования по определению скорости света и в 1947 г. получил патент на свое изобретение.

После серии удачных экспериментов по определению скорости света, достигнув точности, вполне достаточной для измерения расстояний, Э. Бергстранд выступил на конференции Международного союза геодезии и геофизики, проходившей в 1948 г. в Осло (Норвегия), и продемонстрировал прототип своего прибора.

В этом же году концерн AGA (Швеция), лидировавший в то время в области оптических и радиоэлектронных систем, заключил с Э. Бергстрандом соглашение и выкупил у него патент. Началась работа по созданию первого в мире коммерческого электрооптического дальнометра — светодальнометра, получившего название Geodimeter (GEOdetic DIstance METER). В концерне этот проект возглавил инженер Рагнар Шельдстрем

(Ragnar Scholdstrom, 1913–1987), без энтузиазма которого появление прибора было бы невозможным.

В 1949 г. Э. Бергстранд защитил диссертацию на тему «Определение скорости света», в которой также представил свое изобретение, что принесло ему всемирную известность.

Следует отметить, что измерением скорости света занимались в разных странах и раньше. Так, впервые скорость света измерил датский астроном Олаф Кристенсен Ремер (Ole Christensen Roemer, 1644–1710) в 1676 г.

Высказывались и даже патентовались идеи возможного определения расстояний при помощи электромагнитных волн как в видимом, так и в радиоволновом диапазонах, и даже оптико-механическими методами. Однако, первый коммерческий светодальнометр был создан только на основе патента Э. Бергстранда.

В приборе Э. Бергстранда свет излучался импульсами с частотой около 10 МГц, задаваемыми кристаллическим осциллятором (ячейкой Керра). (Эффект Керра, или квадратичный электрооптический эффект, — явление изменения значения показателя преломления оптического материала про-

порционально квадрату напряженности приложенного электрического поля. Открыт в 1875 г. шотландским физиком Джоном Керром (John Kerr, 1824–1907). — *Прим. ред.*) Расстояние рассчитывалось по разности фаз излучаемого и отраженного светового сигнала.

Интересно, что первоначально в качестве отражателей использовались плоские зеркала, затем сферические, а потом наборы призм полного внутреннего отражения. Идею применения призм в качестве отражателя подсказала Шведская гидрографическая служба, которая устанавливала такие призмы на многочисленных островах Стокгольмского архипелага для обеспечения навигации в ночное время.

Слухи о появлении уникального инструмента для измерения расстояний быстро распространились в мире. Новый прибор Национальная геодезическая служба США (National Geodetic Survey) представила как переносной, предназначен-

ный для полевых работ. Тем не менее, вес первого коммерческого дальномера Geodimeter Model 1 приближался к 100 кг: измерительный блок весил почти 50 кг, а отражающий блок — 45 кг. Для электропитания требовался отдельный генератор на 400 Вт, весом также около 100 кг. Прибор мог измерять линии длиной 30–35 км. Считалось, что требуется два часа для проведения измерений и еще два часа для обработки данных.

Первый прибор, изготовленный концерном AGA, был передан Э. Бергстранду в Географическое геодезическое бюро в Стокгольме. По одному комплекту продали в Данию, Великобританию и Австралию, а пять — в США. Тогда же Корпус военных инженеров армии США провел испытания прибора в экстремальных арктических условиях.

В 1955 г. был представлен Geodimeter Model 2 (рис. 1), позволявший измерять линии длиной до 50 км. Эта модель

светодальномера использовалась на Восточном испытательном полигоне (Eastern Test Range) ВВС США, находившемся на мысе Канаверал, для определения расстояний между камерами слежения за ракетами с относительной погрешностью 1:400 000. В дальнейшем были выполнены высокоточные линейные измерения с относительной погрешностью 1:1 000 000, превосходившие точность измерений инварной проволокой. Эта же модель применялась при трансконтинентальных измерениях через всю территорию США, а также при определении смещений земной коры в районе разлома Сан-Андреас, проходящего вдоль побережья по территории штата Калифорния и представляющего собой трансформный разлом между тихоокеанской и североамериканской плитами длиной 1300 км.

В 1957 г. на севере Швеции, за полярным кругом, в условиях отрицательных температур, прошли успешные измерения линий полигонометрии с помощью Geodimeter Model 3.

Интересно, что в 1957 г. был представлен первый коммерческий высокоточный радиодальномер Tellurometer (от tellus — земля. — *Прим. ред.*), созданный инженером-электриком из ЮАР Тревором Ллойд Уодли (Trevor Lloyd Wadley, 1920–1981). Tellurometer был менее точен, чем Geodimeter, и позволял измерять линии длиной до 30–70 км, но был легче, быстро устанавливался, мог работать в тумане при плохой видимости.

Впоследствии слова «геодеметр» и «теллуrometer» долгое время служили синонимами свето- и радиодальномеров.

Практически каждый год концерн AGA выпускал новые более совершенные модели. В 1958 г. появился Geodimeter Model 4 (рис. 2). Следует отметить, что для увеличения дальности измерений наблюдения проводились



**Рис. 1**  
Светодальномер Geodimeter Model 2 (1955 г.)



**Рис. 2**  
Светодальномер Geodimeter Model 4 (1958 г.)

в основном ночью. В качестве источников света использовались вольфрамовые или ртутные лампы. Во время ночных наблюдений с помощью Geodimeter Model 4 можно было за 10–15 минут измерить линии протяженностью в 5 км с точностью 1 см + 5 ppm. Наблюдения днем позволяли измерять линии длиной до 800 м. Вес дальномера составлял 34 кг. Стоил такой прибор примерно 4500 долл. США.

В 1964 г. вышел Geodimeter Model 6 (рис. 3), в котором впервые на смену радиолампам пришли транзисторы, а приемопередающее устройство получило коаксиальную оптику. Аккумуляторы прибора позволяли проводить непрерывные измерения в течение 2–3 часов, автомобильный аккумулятор увеличивал период работы до 10 часов. Время измерений уменьшилось до 5 минут. Стоимость дальномера с вольфрамовой лампой не превышала

10 000 долл. США. Дальномер с ртутной лампой стоил на 2500 долл. США дороже и для его работы требовался электрогенератор.

К 1967 г. концерн AGA продал почти 60 приборов первых моделей Geodimeter.

В 1968 г., когда появился Geodimeter Model 8 с гелий-неоновым (He-Ne) лазером в качестве источника света, пропала необходимость в ночных наблюдениях. Дальность измерений с его помощью составляла 60 км с погрешностью 6 мм + 1 ppm. Вес прибора равнялся 23 кг, а стоимость — 16 000 долл. США.

Эта модель использовалась для трансконтинентальной полигонометрии в США и определении смещений земной коры в районе разлома Сан-Андреас.

Несколько таких дальномеров было закуплено СССР, в частности, для Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Ими довольно долго измеряли бази-

сы и линии сотрудники геодезического отдела ЦНИИГАиК. При выходе из строя лазерной трубки дальномера специалисты института смогли заменить ее на аналогичную отечественного производства.

В 1971 г. вышел Geodimeter 700 (рис. 4), 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 (аппарату для международной сети абонентского телеграфирования).

Впоследствии приборы этого типа получили название «total station» и оно стало применяться для всех геодезических приборов, объединявших функции измерения расстояний и углов. Однако в России его дословный



**Рис. 3**  
Одна из модификаций светодальномера Geodimeter Model 6B



**Рис. 4**  
Измерения с помощью «полной съемочной системы»  
Geodimeter 700

перевод на русский язык — «полная» или даже «тотальная станция» — не прижился. За приборами этого типа сохранился термин «электронный тахеометр».

Представляет интерес тот факт, что впервые это наименование было предложено в 1975 г. компанией Hewlett-Packard для продвижения на рынок своего дальномера HP 3810A Total Station (рис. 5), который кроме дальности измерял вертикальные углы и автоматически вычислял превышения и горизонтальные проложения. Начав производство дальномеров в 1970-х гг., Hewlett-Packard прекратила их выпуск в 1980-х гг.

В 1973 г. продолжились разработки и выпуск новых геодезических приборов. На основе лазерных дальномеров создавались системы для других обла-

стей применения — лазерные системы дистанционного контроля за состоянием высокотемпературных плавильных печей (Industrial measuring systems), лазерные системы управления

складскими помещениями (Dynamic positioning), лазерные системы обмера кузовов автомобилей и контроля при их восстановлении (Dataliner). В последствие все эти направления были проданы другим компаниям.

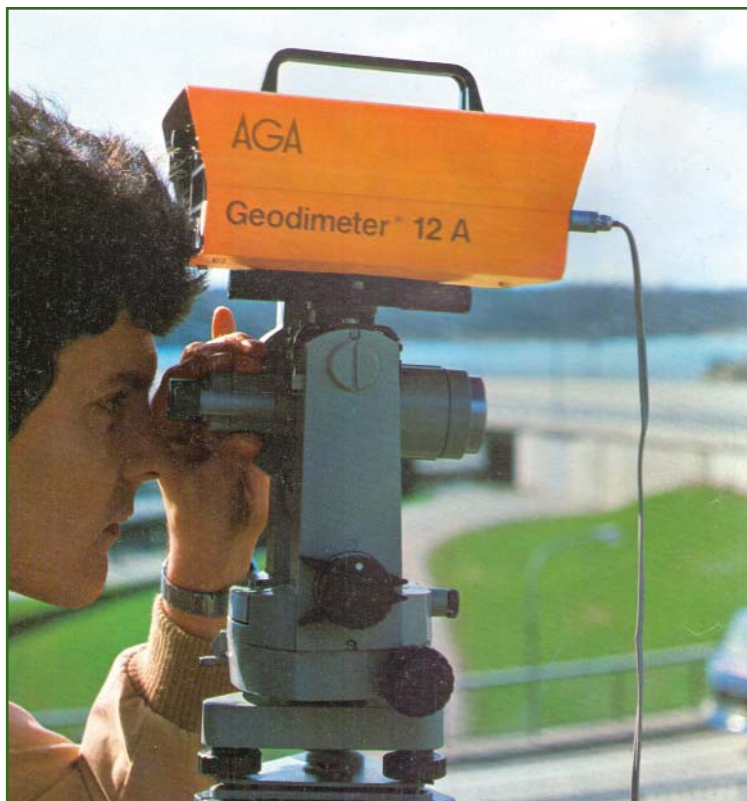
В 1975 г. был выпущен светодальномер Geodimeter 12 (рис. 6) в виде насадки на оптический теодолит. Он не требовал предварительной калибровки, измерял расстояния до 3 км, при точном наведении на призмы издавал аудиосигнал. Следует отметить, что аудиосигнал, подтверждающий завершение измерений, был предусмотрен во всех последующих моделях дальномеров и тахеометров. Кроме того, прибор позволял измерять расстояния до движущегося отражателя (в пределах 700 м). Можно было вводить поправки в измеренные расстояния за влияние температуры и давления окружающей среды.

Инновации и изобретения внедрялись почти в каждой новой модели.

В 1977 г. на смену гелий-неоновым лазерам пришли более экономичные лазерные диоды (Ga As). Было усовершенствовано устройство записи результатов измерений Geodat. Создан встроенный компенсатор углов



**Рис. 5**  
Total Station HP 3810A компании Hewlett-Packard



**Рис. 6**  
Светодальномерная насадка на оптический теодолит Geodimeter 12

наклона, позволявший автоматически получать горизонтальное проложение, что значительно сократило время проведения работ по выносу проекта в натуру.

В 1981 г. появился Geodimeter 140 (рис. 7), позволявший измерять расстояния и углы полностью в автоматическом режиме. Отсутствие традиционных ошибок измерений, характерных для приборов с вертикальным и горизонтальным кругами, а также микрометров для проведения отсчетов, повысили как точность, так и производительность полевых геодезических работ. Все данные автоматически записывались в устройство Geodat с присвоением кодов и нумерации. Прибор имел никель-кадмиевый аккумулятор (Ni-Cad). Встроенное речевое устройство Unicom «накладывало» звуковой сигнал на лазерный ИК-сигнал, что обеспечивало связь наблюдателя с рееч-

ком, находящимся у вехи с призмическим отражателем.

Тогда же появилось электрооптическое устройство, облегчающее корректную установку вехи с отражателем, — Tracklight. При смещении вехи вправо или влево реечник видел зеленый или красный импульсный сигнал, при правильной установке — белый сигнал.

В 1986 г. вышел электронный тахеометр Geodimeter System 400, имевший более или менее привычную форму современных тахеометров и обладающий всеми их основными функциональными возможностями. Это была частично модульная система, с возможностью выбора спецификации для конкретного заказчика. Результаты измерений могли записываться как на устройства внешней памяти Geodat, так и во внутреннюю память прибора. Имелись различные встроенные программы для топографических съемок и

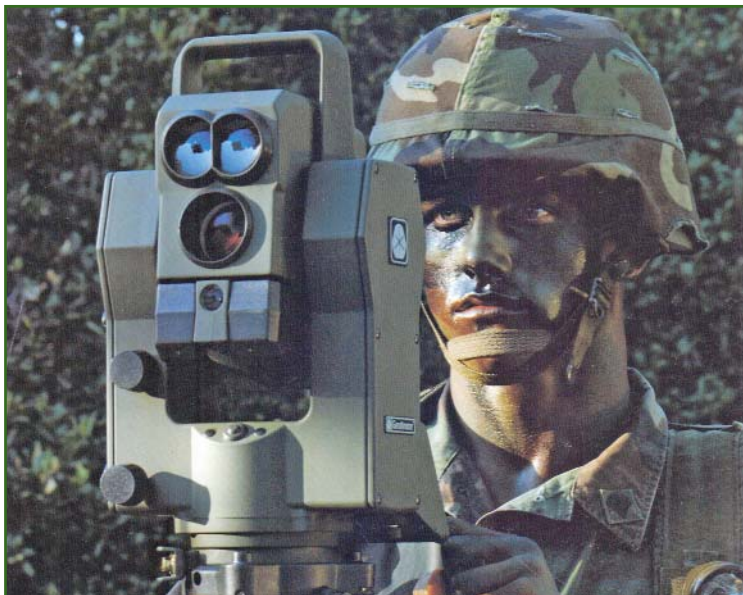
для выноса проекта в натуру. Впервые появилась возможность написания собственных программ проведения измерений и их записи на внешнюю память — UDS (User Definable Sequences).

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 в 1985 г. По отдельным заказам выпускались мощные высокоточные дальнометры: Geodimeter 600 с дальностью до 50 км и Geodimeter 6000 с дальностью до 21 км.

О надежности тахеометров Geodimeter 400-й серии говорит тот факт, что в середине 1990-х гг. в армию США было поставлено более 200 приборов этой серии повышенной морозостойкости (рис. 8). Это дало толчок к производству в 1998 г. тахеометров Geodimeter 600-й серии «Арктика», позволявших работать при температурах до  $-35^{\circ}\text{C}$ . Эти температурные рекорды неоднократно подтверждались российскими геодезистами.



**Рис. 7**  
Электронный тахеометр Geodimeter 140



**Рис. 8**  
Электронный тахеометр Geodimeter 400-й серии повышенной морозостойкости

В 1990 г. был выпущен первый в мире тахеометр-робот Geodimeter 4000 — прибор, полностью управляемый с помощью контроллера, находящегося на вехе с отражателем.

В 1992 г. на смену 400-й серии пришли тахеометры Geodimeter System 500, имеющие модульную систему с обилием встроенных программ, раз-

личные параметры точности и разнообразные аксессуары. Модуль RPU (Remote Positioning Unit), закрепленный на вехе с отражателем, позволял дистанционно управлять тахеометром. Тахеометры этой серии, в основном механические, стали использоваться изыскательскими и геодезическими организациями в России. Их отличала исключительная надежность и возможность работы при отрицательных температурах.

В 1994 г. был начат выпуск более совершенного тахеометра — Geodimeter System 600 (рис. 9). Система получила полностью модульную структуру, с возможностью обновления параметров и встроенных программ. Прибор имел первую в мире съемную клавиатуру. В 1996 г. появились тахеометры этой серии с сервомоторами, модулями автоматического наведения и слежения за призмой Tracker и Autolock. Полностью роботизированная система с управлением по радиоканалу с помощью модуля RPU рекламировалась как «one man system». Однако, с учетом «равноправия полов в Швеции» лозунг вскоре поменяли на «one person system».



**Рис. 9**  
Электронный тахеометр Geodimeter System 600

В дальнейшем модернизация тахеометров шла по пути совершенствования электроники и радиокомпонентов, внедрения безотражательной технологии, улучшения сервоприводов, создания съемного контроллера с экраном GeodatWin, комбинирования тахеометров со спутниковыми приемниками Geotracer. Единые форматы данных тахеометров и спутниковых приемников, объединенные системой, получившей название Integrated Surveying, позволили оптимизировать их совместное использование при проведении полевых работ.

Параллельно вышла серия тахеометров Geodolite, предназначенная, главным образом, для геодезического обеспечения строительных работ. В 1997 г. им на смену пришли тахеометры серии Constructor, обладающие многими функциями тахеометров 600-й серии.

Следует отметить, что первый одночастотный спутниковый приемник Geotracer 100 был выпущен в 1989 г. и предназначался для измерения базисов большой длины. В дальнейшем выходили различные версии спутниковых приемников серии Geotracer — двухчастотные, RTK-комплекты, предназначенные как для топографических съемок, так и для разбивочных работ.

К 50-летию получения Э. Бергстрандом патента на свое изобретение, в 1997 г., был выпущен уникальный тахеометр под названием «Bergstrand». Это был прибор с точностью измерения углов 1", а длин линий протяженностью до 3 км — 1 мм + 1ppm. Он имел значительную внутреннюю память, набор встроенных программ, четырехскоростные сервомоторы, полные функции робота и съемную клавиатуру. Гарантия на этот прибор была определена в 10 лет. Наверное, в те годы это был лучший тахеометр в мире.

Таким образом, к концу XX века было выпущено более 30 различных моделей светодальномеров и электронных тахеометров.

Не прекращая разработок и производства инновационных геодезических приборов, компания претерпевала значительные административно-экономические изменения.

В 1973 г. в рамках концерна AGA была образована самостоятельная компания Geotronics AB.

В 1981 г. часть компаний, занимавшихся электроникой и оптикой, в том числе Geotronics AB, вышла из концерна AGA и образовала новую группу компаний Pharos AB, акции которой были размещены на стокгольмской бирже. Основным владельцем группы в тот период времени стал шведский химический гигант — компания Nobel Industries, основанная в 1870 г. Альфредом Нобелем для производства динамита. Компания Geotronics AB, войдя в группу Pharos AB, сохранила как свою относительную независимость, так и имя.

В 1986 г. Pharos AB приобрела у химического концерна Ciba-Geigy высокотехнологичную американскую компанию Spectra-Physics и взяла ее звучное имя. В компании Spectra-Physics существовало подразделение, занимавшееся разработкой и производством лазерных нивелиров под маркой Spectra-Physics Laser Plane. Отметим, что первый лазерный нивелир был изобретен в 1965 г. Робертом Студебэкером (Robert Studebaker). Другая часть компании отвечала за разработку и производство лазеров для научных и промышленных целей и позже была продана.

В этот период Spectra-Physics не являлась самостоятельной компанией, а была дочерней структурой одной из шведских компаний. Spectra-Physics приобрела ряд небольших европейских и американских компаний

геодезического профиля — Plus 3 Software (США), Terrasat (Германия), Quadriga (Германия) и создала новую компанию Spectra Precision, имевшую американское и шведское подразделения. В 1999 г. шведское подразделение — Spectra Precision AB организовало совместное предприятие с геодезическим отделением немецкой фирмы Carl Zeiss Jena.

Следует отметить, что шведская компания — производитель приборов под маркой «Geodimeter», каким бы именем она не называлась, в 1990-х гг. была весьма эффективной и самодостаточной. Существовавшая тогда лаборатория по разработке и производству инфракрасных диодов, с которой сотрудничали все ведущие университеты Швеции, являла собой образец такой лаборатории. Создаваемые в ней лазерные диоды применялись в различных отраслях промышленности и науке.

В компании было собственное автоматизированное производство электронных плат самого современного по тем временам уровня. Робот собственной разработки собирал угломерные и компенсаторные модули тахеометра. Посетители могли долго смотреть на это чарующее зрелище, как в стеклянном кубе механическая рука робота, оснащенная множеством инструментов, собирала компенсаторы углов наклона из многочисленных деталей.

На складах производственного подразделения хранилось более 60 000 компонентов тахеометров и более 11 000 отдельных элементов, каждый из которых проходил индивидуальное тестирование. Специальная термическая камера использовалась для проверки работоспособности тахеометров при температурах от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

К концу 1990-х гг. компания Spectra Precision имела 40 отде-

лений по всему миру, 300 сертифицированных сервисных центров, почти 2000 дилеров. В компании работало около 1300 сотрудников в 17 странах. В 1999 г. оборот продаж превысил 200 миллионов долл. США. Практически вся продукция компании шла на экспорт. Конечно количество персонала, вовлеченного в разработку и производство тахеометров в Швеции, было значительно меньше.

Spectra Precision AB продолжала разрабатывать геодезические приборы под маркой «Geodimeter», пока в октябре 2000 г. по решению главных акционеров компании не завершилась сделка по слиянию с американской компанией Trimble (известного производителя геодезических спутниковых приемников), которая к тому времени имела не совсем удачный опыт создания собственного электронного тахеометра.

Через некоторое время логотип Geodimeter исчез с электронных тахеометров. Следует отметить, что такая же участь в конце XX века постигла большинство популярных некогда торговых марок геодезических инструментов — навсегда пропали Kern, Wild, Carl Zeiss, Tellurometer и многие другие.

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, сегодня нам не известными. Но это уже совсем другая история.