

Leica TS30

Искусство высочайшей точности и лучшей производительности

Эта статья представляет один из самых совершенных в мире тахеометров - Leica TS30. TS30 сочетает в себе непревзойденное качество и высочайшую точность измерений. Для достижения таких характеристик требуются самые современные технологии. Для реализации проекта, компанией Leica Geosystems были проведены всесторонние разработки. Уникальная конструкция TS30 в сочетании с высокоскоростным измерением углов, прямой пьезопровод и электронно-оптическая система измерения расстояний позволяют обеспечить потрясающую точность измерений и эффективность работы тахеометра.

Введение

Высокоточные измерения всегда были одной из самых важных задач в строительстве и изысканиях. Для успешного выполнения сложных проектов важны не только хорошая конфигурация съемочной сети и умелая работа инженеров, но и качество съемочного оборудования.

С начала 19 века, Leica Geosystems предлагает самые точные, революционные и современные решения измерительных задач.

Более 75 лет назад был выпущен высокоточный 0.5" теодолит Wild T3. Благодаря высокому классу точности, он вызвал большой интерес в геодезическом сообществе. В 1970-е наступило время, когда электроника и автоматизация встали на службу инженерным решениям. В начале 1980-х Leica Geosystems выпустила первый тахеометр TC2000, сочетающий высокую точность, качество измерений и автоматизацию съемочного процесса (рис. 1). TC2000 был оборудован первым высокоточным электронным угломером, разработанным в Leica Geosystems. Продолжая создавать лучшие решения для геодезических задач, Leica Geosystems в середине 1990-х представила тахеометр TCA2003. TCA2003 - стал новым поколением полусекундных тахеометров, интегрированных с электронным дальномером (EDM), благодаря системе автоматического распознавания цели (ATR), заметно улучшалась производительность работ.

Последнее поколение высокоточных тахеометров Leica Geosystems TS30 стал вершиной конструкторского мастерства. Точность и производительность, сочетающиеся одновременно с неограниченной гибкостью и совместимостью с серией 1200 Leica Geosystems - вот ключевые преимущества нового тахеометра TS30.



Рис1 – Leica Geosystems' 0.5"-тахеометры.

Необходимость во все более точных, надежных, качественных и эффективных инструментах не иссякнет никогда. Инженерные проекты становятся все больше, сложнее, ограниченнее в сроках и затратах, все выше становятся требования к их качеству. Соответственно, повышаются требования к точности оборудования. Важными остаются надежность, прочность, автоматизированность производственных процессов. Привлекательны также длительное сервисное сопровождение и невысокие цены на поддержку.

Leica TS30 - самый точный, быстрый, прочный и надежный в мире

Ответом Leica Geosystems на все возрастающие требования к высокоточному измерительному оборудованию стал уникальный тахеометр Leica TS30 (см. рис. 1). TS30 обеспечивает точность угловых измерений 0.5" (проверено согласно ISO 171233). Точность дальномерных измерений (с технологией PinPoint EDM) на отражателе Leica составляет 0.6mm + 1ppm (проверено согласно ISO

17123-4). В зависимости от атмосферных условий и отражающей способности поверхности, можно измерять расстояния до 12 000 м. Для безотражательных измерений TS30 оснащен системным анализатором Leica Geosystems, что позволяет измерять расстояния до 1 000 м. TS30 способен очень быстро производить высокоточные измерения. Он специально разработан для того, чтобы обеспечивать наивысшее качество измерений, как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Недавно разработанный прямой пьезопривод дает возможность осуществлять быстрые и эффективные измерения. Скорость вращения алидады и зрительной трубы может превышать 200 гон в секунду. Leica TS30 быстрее обычных моторизированных тахеометров более чем в 4 раза. Только пьезопривод значительно повышает возможности работы в автоматическом режиме. Более того, его устройство идеально позволяет работать в одиночку. Автоматическое распознавание цели (ATR) (на расстояниях до 1000 м), возможность расширенного поиска цели (PS) и электронный створоуказатель (EGL) идеально позволяют осуществлять съемку в автоматическом режиме.

TS30 интегрирован с функцией X-function Leica Geosystems. Таким образом, обеспечивается полная совместимость с составляющими серии 1200. Тахеометр, GNSS SmartAntenna и ПО SmartWorx имеют открытую модульную архитектуру и прекрасно работают совместно.

Эта статья уделяет особое внимание инновационным разработкам и технологиям, представленных в тахеометре Leica TS30. В частности, речь пойдет о конструкции инструмента, угломерной системе, пьезоприводах и электронном дальномере.

Конструкция прибора

Для обеспечения одновременно наивысшей точности и высокой производительности, необходим инновационный подход, как к внешней, так и к внутренней конструкции тахеометра.

Leica TS30 примечателен особо прочной алидадой, которая и обеспечивает его износостойкость и высокую (0.5") точность угловых измерений даже при суровых погодных условиях (перепад температур, дождь, ветер и т.д.)

Следует заметить также однородность материала, из которого изготовлен прибор. Корпус Leica TS30 выполняется по технологии литья под низким давлением. Состав под действием только силы тяжести медленно выливается в форму. В результате, на материал приходится меньше посторонних влияний, чем в случае формовки под давлением, которая чаще используется при производстве тахеометров. Технология литья под низким давлением удовлетворяет требованиям самых строгих стандартов.

Более того, для достижения наивысшего качества TS30, нормативы на точность алидады были ужесточены по сравнению со стандартной 1".

Рис. 2 демонстрирует TS30 в разрезе. В частности, на схеме показано положение и размер вертикального и горизонтального лимба. Стекланные кодовые круги являются частью угломерного устройства. Точность измерений зависит от размера и разрешения лимба. Большой диаметр и разрешение повышают угловую точность. По этой причине в TS30 диаметр кодовых кругов был увеличен приблизительно на 15% относительно 1"-х тахеометров. Сам размер кодовых кругов определяется конструктивными особенностями алидады.

Помимо этого были добавлены третий наводящий винт и пользовательская кнопка SmartKey. Третий наводящий винт зрительной трубы позволяет комфортно работать одной рукой. Он находится рядом с наводящим винтом горизонтального круга (см. Рис. 2). Работа одной рукой позволяет повысить эффективность выполнения работ; так как появляется возможность в свободной руке держать другие устройства или необходимые чертежи.

Пользовательская кнопка SmartKey находится со стороны компенсатора, между наводящим винтом горизонтального и вертикального круга (см. Рис 2). При нажатии на SmartKey (для выполнения измерений) отсутствует даже скользкое воздействие на алидаду. Функционал SmartKey определяется пользователем. Эта функциональная гибкость дает возможность адаптировать работу Leica TS30 под особенности конкретных задач.

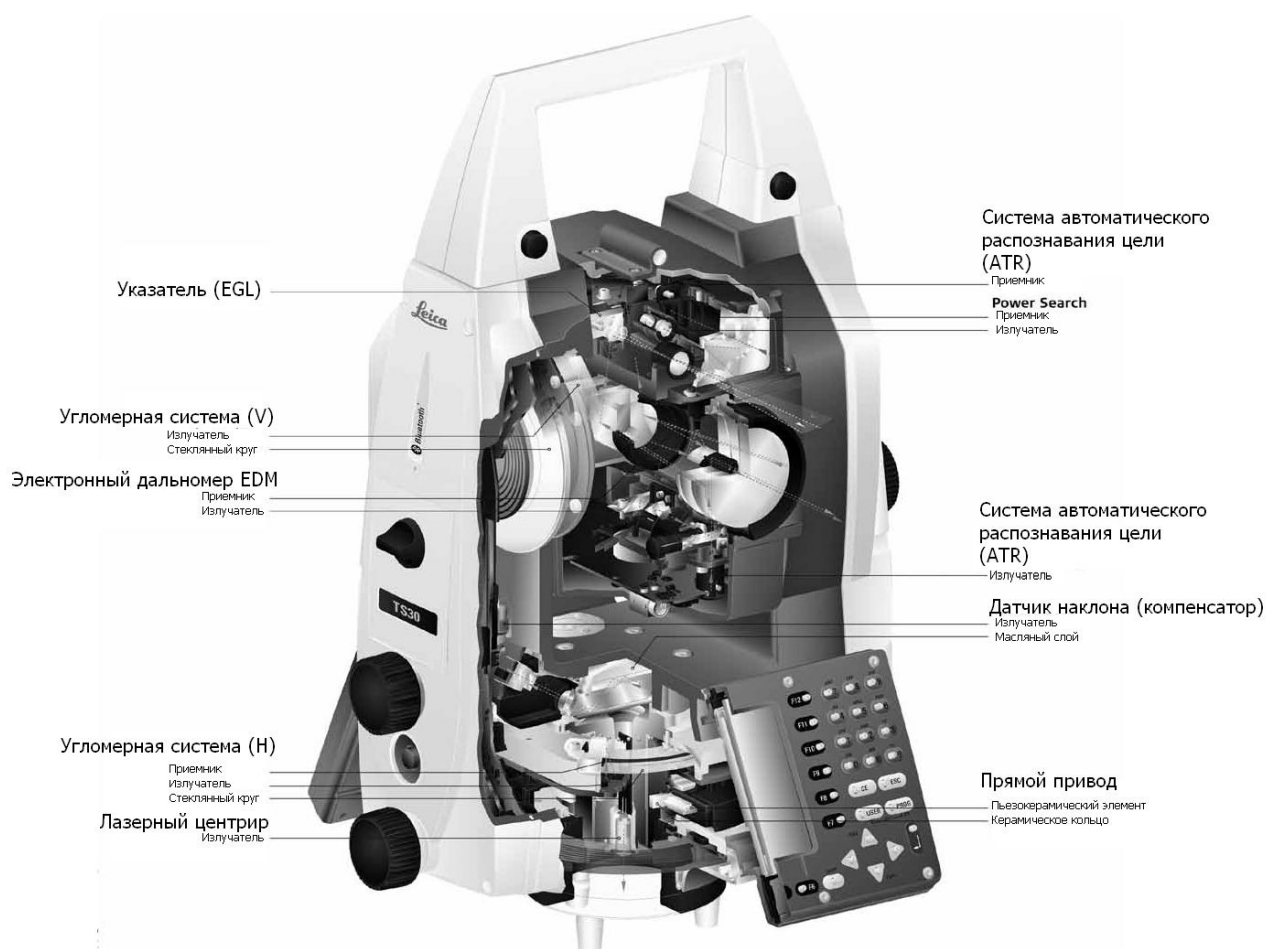


Рис. 2 –Leica TS30 в разрезе.

Измерения углов

Угломерная система (для вертикальных и горизонтальных углов) является важной составляющей Leica TS30. Она должна обеспечивать высокоточные угловые измерения даже при быстром повороте инструмента. Угломерная система состоит в основном из стеклянного круга с нанесенным кодом и четырех кодирующих устройств (дешифраторов)– для чтения отсчета сразу в четырех точках круга. Дешифратор представляет из себя источник света (ЖК), отражающие зеркала и матрицу ПЗС (CCD-array). Код нанесен в виде линий по всей окружности стеклянного круга, код непрерывен и неповторим. Перед измерениями инструменту не требуется инициализация. Рис. 3. показывает модель участка угломерной системы: дешифратор и участок круга с насеченным на него кодом.

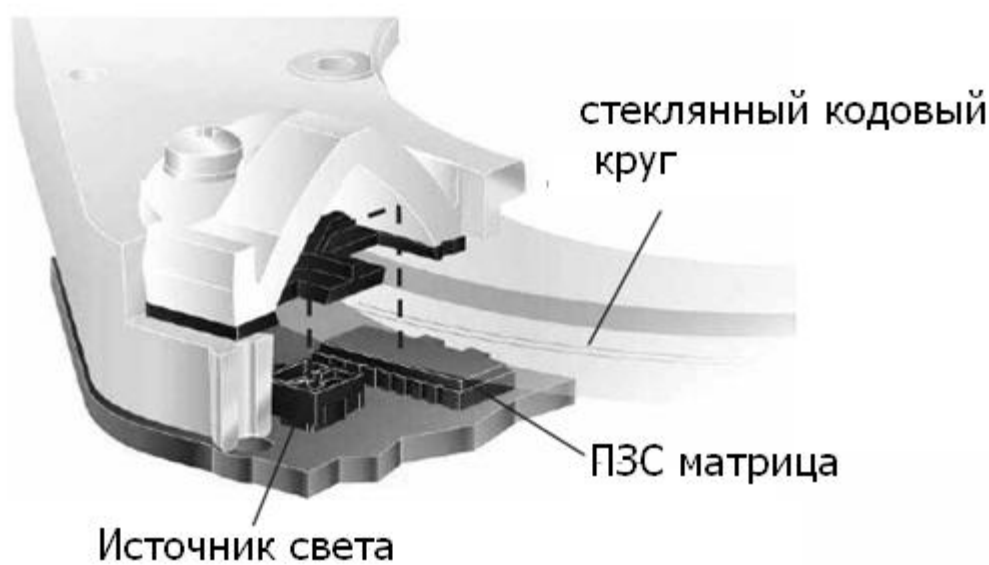


Рис. 3 – Дешифратор угломерной системы с источником света и ПЗС.

Во время измерения, свет, излучаемый источником, попадает на матрицу ПЗС, пройдя через прозрачный кодовый круг. С ПЗС данные считываются и расшифровывается отсчет угла. В первом приближении угол определяется с точностью около 0.3 гон по обработке кода. Точное значение угла определяется по положению центра кодовых линий. Вычисления базируются на алгоритмах, разработанных Leica Geosystems.

Для окончательного определения положения круга, ПЗС должен считать минимум 10 кодовых линий. Для повышения точности интерполяции – в обработке сигнала должно участвовать минимум 30 линий.

Важной характеристикой и преимуществом угловых измерений TS30 является высокая частота измерений – до 5 000 в секунду, а также четырехсторонняя система считывания угла. Высокую частоту измерений обеспечивает точный и прямой моторизированный контроль дешифраторов угломерной системы. Нужное положение трубы может достигаться приводным поворотом, без каких-либо дополнительных наведений. Обычно в тахеометрах для осуществления моторизированного контроля используется дополнительный дешифратор, расположенный на моторной оси, поскольку скорость измерений составляет всего несколько герц.

Сам по себе дешифратор на моторе работает быстро, но не очень точно – он требует время от времени синхронизироваться с угломерной системой инструмента. Могут возникнуть различия между показаниями моторного дешифратора и угломерной системы, что приведет к неточному повороту алиады. Правильным решением будет осуществление поворота итерациями.

Для осуществления высокоточных угловых измерений, в Leica TS30 положение кодового круга определяется сразу в четырех точках угломерной системы. Преимущества налицо. Таким образом, исключаются систематические и случайные ошибки, что повышает точность измерений. Помимо этого, выше стала надежность результатов. Благодаря работе двух независимых дешифраторов, случайная ошибка считывания угла с кодового круга практически исключается. Еще два дешифратора повышают точность – система выделяет и исключает систематические ошибки. Вдобавок, точность угловых измерений при использовании одновременно 4 дешифраторов повышается в 0.7 раз по сравнению с использованием двух (см. уравнение 1). А с увеличением количества измерений, повышается и надежность результатов.

$$\sigma_{4diodes} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sigma_{2diodes}$$

Угловая точность TS30 оценена и сертифицирована на Leica Geosystems TPM-2. Это компараторное устройство является частью лаборатории метрологии линейных и угловых измерений. Лаборатория аккредитована Швейцарской Службой Аккредитации (Swis Accreditation Service SAS), принадлежащей Швейцарскому Федеральному Департаменту Экономического развития. Дисперсия углового измерения составляет 0.018 мгон (0.058") для горизонтальных углов и 0.028 мгон (0.091") для вертикальных. Для проверки точности угловых измерений TS30, результаты определения горизонтальных и вертикальных углов сравнивались с результатами измерений TPM-2. Среднеквадратическое отклонение вычислялось согласно ISO 17123-3. Точность угловых измерений для TS30, составляет 0.15 мгон (0.5").

На Рис. 4 и Рис. 5 приведены тестовые образцы TPM-2 с TS30. На рисунках показано отличие в измерениях горизонтальных и вертикальных углов.

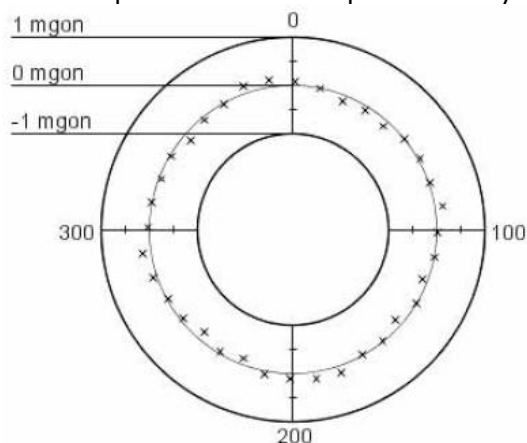


Рис 4 – Дисперсия измерения горизонтального угла TPM. ISO 17123-3 (n = 36): 0.14мгон

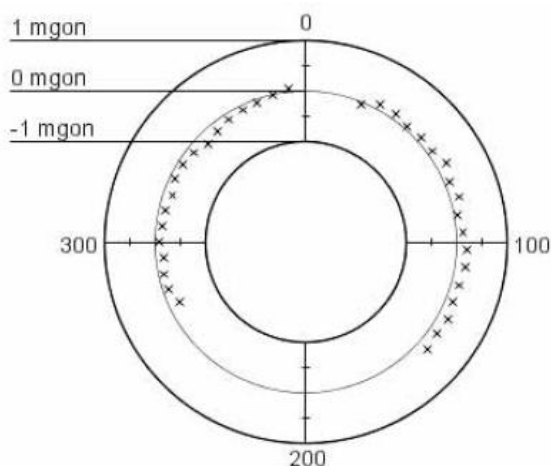


Рис. 5 – дисперсия измерения вертикального угла TPM. ISO 17123-3 (n = 36): 0.13мгон

Заключительным шагом угловых измерений является исправление измеренных углов по четырем параметрам (четыре угловых поправки Leica Geosystems):

- за фактический продольный и поперечный наклон, определенный инклинометром (l, t)
- вертикальный индекс (i, относительно оси)
- коллимационная ошибка ГК (с, линия прямых ошибок)
- ошибка оси уровня (а)

Еще одним преимуществом Leica TS30 является то, что ошибки коллимации, наклона оси и вертикального индекса могут периодически самостоятельно определяться пользователем в результате стандартных полевых поверок и заноситься в прибор.



Рис. 6 Принцип работы двухосного датчика наклона (компенсатора)

Двухосный датчик наклона (компенсатор) контролирует горизонтальность плоскости алидады тахеометра. В идеале, горизонт прибора перпендикулярен отвесной линии. Датчик наклона определяет его отклонение от вертикали. На Рис. 6. показан принцип работы двухосного датчика наклона, встроенного в TS30.

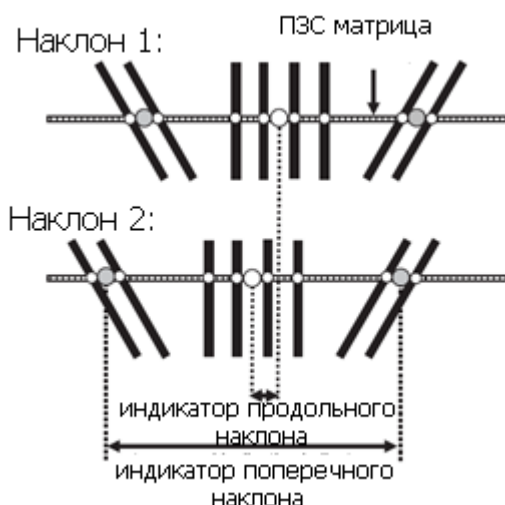


Рис 7 – Система измерения продольного и поперечного наклона ПЗС матрицей. Элементы системы перемещаются вдоль и поперек матрицы ПЗС. По величине отклонения элементов от оси системы определяются продольный и поперечный наклон.

Датчик наклона преимущественно состоит из масляного слоя, соединяющего призму и зеркало, призмы с линейными элементами, ПЗС устройства и источника света. Свет попадает на матрицу ПЗС после того, как проходит через масляный слой и дважды отражается от его поверхности. Особые нити, образующие треугольник, позволяют одновременно определять наклон системы в двух направлениях. (см. Рис 7). Для измерения поперечных смещений измеряется расстояние между разно ориентированными нитями. Система перемещается вдоль ПЗС матрицы.

Фактически, строение двухосного датчика наклона позволяет сделать размер компенсатора очень маленьким. Это дает возможность расположить его в центре оси тахеометра. Таким образом, положение уровня при повороте алидады будет изменяться незначительно. Подобная конструкция минимизирует время установки компенсатора (жидкостного) и дает возможность выполнять измерения непосредственно после поворота трубы.

Моторизация

Моторизация в TS30 основана на принципе работы пьезопривода, который превращает силу электрического тока в движение. Высокая скорость вращения и одновременно бесконечно малый шаг перемещения – вот характеристики TS30. Малый шаг перемещения позволяет обеспечить наивысшую точность измерений. TS30 - единственный тахеометр, в котором движение основано на принципе пьезоэффекта.

Пьезоэффект был открыт в 1880 г. Речь идет о выработке электрического потенциала путем механического давления на некоторые кристаллические вещества (например, кварц). Обратный эффект заключается в расширении или сокращении кристаллической решетки при воздействии на кристаллы с электрическим потенциалом. Деформации кристаллов (величина и направление) зависят от поляризации вещества и силы электрического поля. Эффект периодического воздействия на кристаллическую решетку используется в силовых приводах. Для достижения этого эффекта можно использовать искусственную керамику вместо природных кристаллов, Таким образом, появляется возможность использования пьезоэффекта во множестве областей.

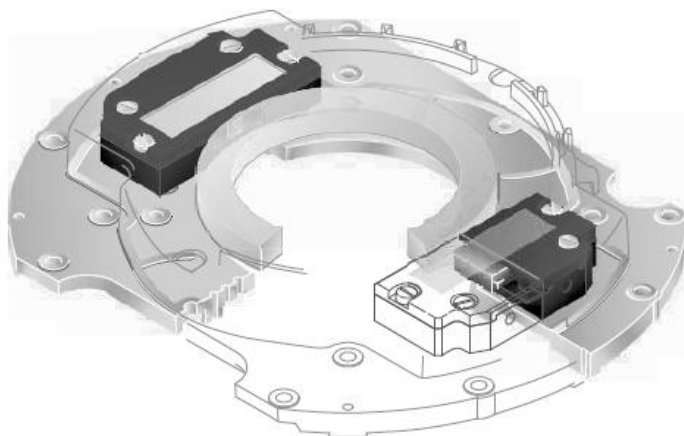


Рис. 8 – Прямой привод прибора TS30.

В приводе TS30 используется пара расположенных напротив друга керамических элементов – они нужны для ускорения и точного перемещения цилиндрического керамического кольца – ротора, связанного с системой вращения тахеометра (См. рис. 8). Керамика поляризуется и разделяется на два возбужденных электрода – активный и пассивный. (см. рис. 9) Активность или пассивность электрода можно поменять местами. Далее подвижный носик на конце электрода сообщает движение на керамическое кольцо. Керамические электроды и подвижный носик имеют эллиптическую траекторию. Для генерации движений, на керамические элементы подается переменный синусоидальный ток. К тому же, направление и скорость движения по эллиптической траектории задается активным электродом и силой подаваемого тока.

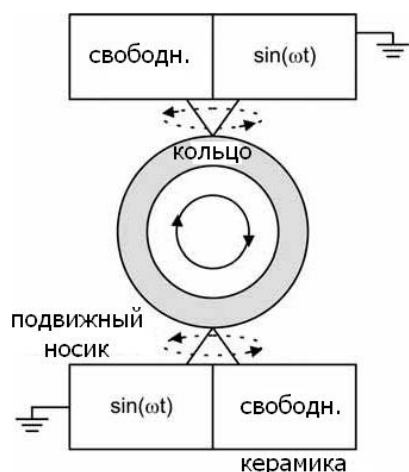


Рис. 9 – Принцип прямого пьезопривода

Прямой пьезопривод позволяет развивать высокую скорость и ускорение частей деталей, а также минимизировать шаг перемещения – и все это при малых энергозатратах. Минимальный размер шага достигает порядка нанометров. Длительный срок службы прямого привода достигается тем, что для движения не используются двигатели. Более того, прямой привод TS30 не создает магнитного поля и не подвержен его воздействию. Последнее гарантирует отсутствие ограничений на работу в магнитном поле, которое может возникнуть вблизи электрических подстанций.

Если сравнивать с обычными тахеометрами, основным преимуществом прямого привода TS30 является:

- высокая скорость (до 200 гон/с)
- высокое ускорение (до 400 гон/с²)
- долгий срок службы и прочность
- бесшумность
- компактность
- никакого энергопотребления в выключенном режиме

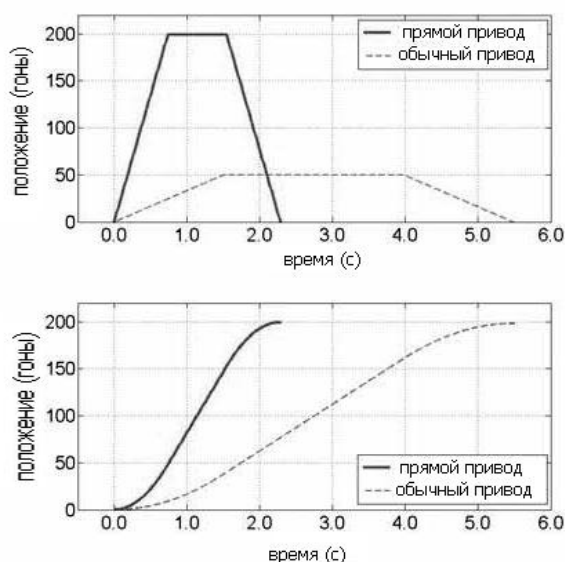


Рис. 10 – Сравнение прямого привода TS30 с обычным мотором по скорости и времени на смену положения.

Прямой привод TS30 значительно сокращает время поворота алидады и зрительной трубы. Рис. 10 показывает результаты сравнения работы пьезопривода с приводом обычного тахеометра при

смене вертикального круга (операция требует поворота на 200 гон). Фактическая скорость и положение алидады показаны как функция времени. Максимальная скорость TS30, по крайней мере, в четыре раза выше, чем у обычного тахеометра. В результате, время, затрачиваемое на операцию, сокращается вдвое.

Энергопотребление моторов обычно является решающим фактором, определяющим время работы инструмента от аккумулятора. Уменьшение энергозатрат, особенно в моменты, когда прибор не используется, позволяет значительно продлить полезное время работы. Преимуществом прямого привода является то, что TS30 затрачивает энергию только во время поворота инструмента. Прямой привод поддерживает положение зрительной трубы без потери энергии. Это позволяет экономить заряд батареи и избежать нежелательного нагрева. В результате, полезное время работы у TS30 дольше, чем у обычных тахеометров. Перегрев корпуса, который сильно влияет на точность измерений, в TS30 отсутствует. Помимо этого, фактическое положение алидады и зрительной трубы жестко фиксируется и зрительная труба не смещается в процессе измерения. В Таблице 1 приведено качественное сравнение прямого привода TS30, привода обычного тахеометра и магнитного привода.

	Прямой привод TS30	Обычный привод	Магнитный привод
Скорость	++	-	+
Ускорение	++	-	+
Разрешение	++	+	+
Энергопотребление, когда тахеометр не работает	+	+	-
Стабильность наведения зрительной трубы	++	++	-

Таблица 1 – Сравнение разных приводов тахеометров
(++ явное преимущество, + преимущество, - недостаток конкретной технологии).

Прямой пьезопривод обеспечивает, по сравнению с обычным приводом, значительно больший срок эксплуатации. Поскольку в пьезоприводе отсутствует большое количество деталей, нет эффекта старения (стирания) механизма, что увеличивает срок его службы, при этом значительно сокращается количество визитов в сервисный центр.

Электронный дальномер

Во время электрооптических измерений на призмы, отражающие марки или естественные цели, видимый лазерный луч, соосный с оптической осью зрительной трубы, излучается системой PinPoint EDM от Leica Geosystems. Отраженный сигнал попадает на фоточувствительный элемент и преобразуется в электрический сигнал. В результате обработки сигнала определяется расстояние до предмета. Модуляция на частоте 100МГц является основной для точных измерений на большие расстояния.

Безотражательные измерения Leica Geosystems' PinPoint R1000 EDM на естественные цели могут производиться на расстояния свыше 1 000 м. Для осуществления безотражательных измерений на такие большие расстояния, Leica Geosystems создала встроенный аналитический блок. Процедура анализа сигнала подразумевает определение расстояния по фазовым измерениям и времени прохождения сигнала. Для каждого конкретного измерения (к каждой конфигурации лазерного пятна и отражающей поверхности) в аналитическом блоке имеются свои критерии. Конечное значение расстояния вычисляется по принципу максимального правдоподобия. Дальномер имеет повышенную чувствительность, что приводит к увеличению максимального расстояния, измеряемого в безотражательном режиме.

Для достижения наивысшей точности измерений TS30, дальномер Leica PinPoint EDM был дополнительно усовершенствован. Встроенный дальномер производит измерения на круглые призмы Leica (GPH1P) с точностью 0.6 мм + 1 ppm (тесты проводились в соответствии с ISO 17123-4).

В зависимости от внешних условий наблюдений, система самостоятельно выбирает частоту, на которой производятся измерения. Усовершенствованный дальномер многочастотный, поэтому от цели

одновременно отражаются сигналы на разных частотах. Количество измерений становится больше, соответственно, выше становится точность и надежность их результатов.

Дальномер PinPoint EDM включает в себе множество преимуществ. Помимо высокого качества измерений и надежности, измерения PinPoint EDM можно выполнять в любых атмосферных условиях – при пыли, дыме, тумане, дожде или снегопаде. Точность линейных измерений TS30 оценивалась аккредитованными лабораториями Leica Geosystems сравнением расстояний, измеренных TS30 и определенных интерферометром.

Результаты исследований приведены на рис. 11

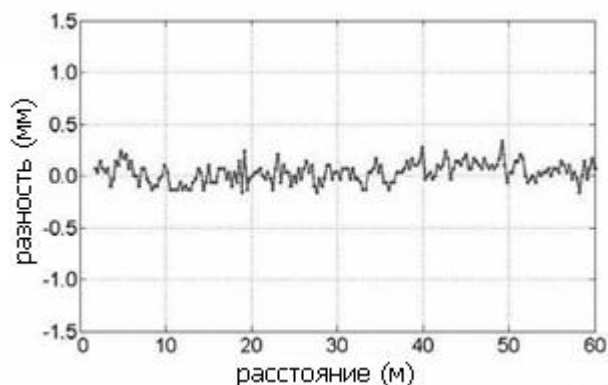


Рис. 11 – Различия результатов измерений интерферометром и TS30 на различные расстояния.

Помимо усовершенствования электроники и алгоритма обработки сигнала, существенные изменения претерпел лазер. Была изменена форма его пятна и характер излучения. Было ликвидировано неоднородное периферическое свечение лазерного пятна. Периферическое свечение может мешать измерению расстояний, создавая дополнительное ошибочное отражение от объектов. При помощи анаморфных линз была изменена форма лазерного пятна. (см. рис 12)

Усовершенствованный лазер повышает качество дальномерных измерений, особенно выполняемых на отражателе.

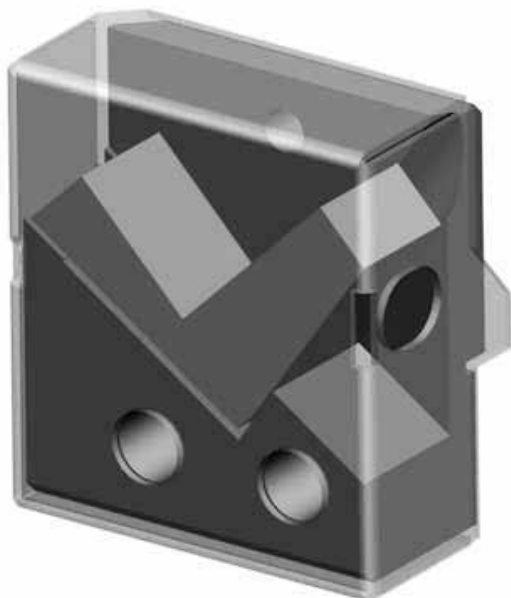


Рис. 12 – Анаморфные линзы, изменяющие форму лазерного пятна и схематический ход луча лазера.

Преимущества TS30

TS30 сочетает в себе точность, качество и эффективность, подходит для большинства изыскательских и инженерных задач и возглавляет ряд высокоточных инструментов. У тахеометра Leica TS30 множество преимуществ. Новейшие технологии позволяют значительно повысить

производительность полевых работ. Тахеометр TS30 способен измерять такие расстояния (в отражательном и безотражательном режимах), которые никогда ранее не были доступны с такой точностью. К тому же, TS30 полностью интегрирован с функцией Leica Geosystems' X-function.

Высокая точность измерений

Особая конструкция и специальная угломерная система быстрых четырехкратных измерений TS30 позволяют обеспечить угловую точность полсекунды. Высочайшая точность и лучшая производительность требуют уникальных конструктивных решений, которые снизят влияния внешних факторов. Третий наводящий винт дает возможность оперативно и комфортно работать одной рукой. Пользовательская кнопка SmartKey позволяет осуществлять измерения, не оказывая касательных воздействий на алидаду.

Быстрота и надежность

Качество, надежность и эффективность измерений лежат в основе успешных инженерных и изыскательских проектов. Тахеометр Leica TS30 совмещает в себе все эти свойства. Эффективность и качество работы TS30 является результатом совместной работы нескольких модулей. Быстрая и точная угломерная система (до 5 000 углов/с), дальномерная система PinPoint EDM, моторизированный прямой пьезопривод - благодаря всем этим факторам достигается высокоточное позиционирование за такое малое время, которое раньше было недоступно. Длительный срок эксплуатации и увеличенные периоды технического обслуживания являются завершающим звеном надежности TS30.

X-Function

TS30 полностью интегрирован с X-function Leica Geosystems. Будучи управляем ПО SmartWorx, тахеометр прекрасно совместим с другим оборудованием (GNSS, радиорукоятка, аксессуары, и т.д.) и системой передачи данных Leica Geosystems. Таким образом, присутствует возможность запускать все прикладные программы Leica в привычном интерфейсе. Интегрированность TS30 с X-function Leica Geosystems означает его неограниченную адаптивность и полную совместимость с составляющими серии 1200.

Когда стоит задача съемки небоскреба или туннеля, мониторинга геодинамических явлений на вулкане или строительной площадке – необходимы надежные данные. Leica Geosystems предлагает полный набор инновационных решений для высокоточной съемки - несравненной точности, надежности и эффективности. С Leica Geosystems ни одна задача не будет слишком трудной, расширьте свое профессиональное воображение и добьетесь успеха.

Покупатели Leica Geosystems получают лучший сервис и техническое обслуживание, вне зависимости от своего местоположения и часовых поясов. Мы берем на себя обязательства по обеспечению высокого уровня обслуживания и поддержки, каких Вы ожидаете, доверившись Leica Geosystems.