

УДК 528.531

М.Н. Токарев

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

## ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Рассмотрена конструкция роботизированных тахеометров. Произведен анализ соответствия тахеометров современному уровню техники. Рассмотрены алгоритмы основных задач, выполняемых тахеометром. Проведенный анализ современных конструкций тахеометров показал, что они полностью соответствуют современному уровню техники геодезических приборов.

**Ключевые слова:** тахеометр, автонаведение, центрирование, линейно-угловая сеть.

### Введение

Современные тахеометры представляют собой сложную измерительную систему, содержащую элементы вычислительной техники, автоматики, современные цифровые видеосистемы и сложное программное обеспечение. К таким тахеометрам, например, относятся роботизированные комплексы, например SOKKIA серии CX [1] или Leica серии TS [2].

**Цель работы** – предложить высокотехнологические измерительные комплексы, обеспечившие практически полную автоматизацию геодезических работ.

### Изложение основного материала

Блок-схема роботизированного тахеометра приведена на рис. 1.

В качестве объекта в настоящее время используются различного типа визирные цели, отражатели, специальные пленки. Кроме специальных целей современные приборы достаточно точно работают «на пятно».

Эта особенность значительно расширяет сферы применения тахеометров, стало возможно выполнять измерения в недоступных местах.

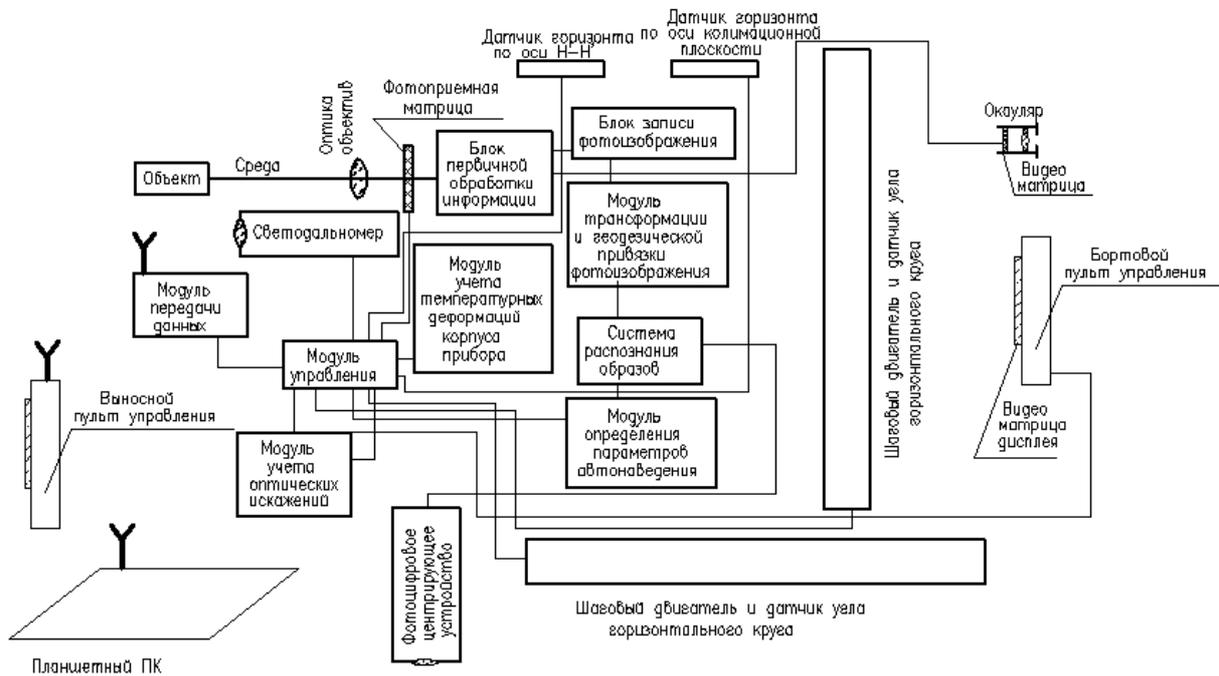


Рис. 1. Блок-схема современного тахеометра

Среда влияет на точность измерений за счет рефракции воздушной среды. Для светодальномерных измерений практически во всех тахеометрах предусмотрен учет метеопараметров. Для высокоточных тахеометров возможно применять переносные метеомодули, соединенные с тахеометром радиоканалом передачи данных. Сложнее обстоит вопрос с боковой рефракцией для угловых измерений. Погрешность за

счет боковой рефракции может достигать несколько секунд. Учесть ее можно только путем измерений градиентов температур по траектории визирного луча. И совершенно нельзя учесть быстротекущие горизонтальные колебания воздуха. Особенно боковая рефракция проявляется при измерениях на больших расстояниях. Не достаточно изучен вопрос отслеживание колебаний воздуха системой автонаведения.

Проблема учета влияния оптики уже решена при наземной топографической фотосъемке не метрическими камерами путем введения аппроксимирующий коэффициентов, получаемых в процессе заводских юстировок камеры.

Точность фотоприемных матриц в современных тахеометрах в настоящее время составляет менее 1". Повысить эту точность можно путем пофрагментальной съемки и зумирования изображения.

Системы распознавания, автонаведения и отслеживания целей уже применяются в современных тахеометрах. Привязка и трансформирование изображения реализованы в ПК, так что для тахеометров эта проблема решается на программном уровне.

Для передачи в настоящее время имеются различные модули, работающие на разных частотах и на разные расстояния. Некоторые модели тахеометров уже оснащены такими модулями. Шаговые двигатели в настоящее время широко применяются в компьютерной технике, обеспечивая высокоточное позиционирование головок приводов записи информации. Новое, что появилось в современных тахеометрах, – это кварцевые шаговые двигатели, которые обеспечивают не только высокую точность позиционирования, но и являются не инерционными устройствами. В последних поколениях тахеометров угловые датчики совмещаются с шаговыми двигателями.

### Алгоритм работы тахеометров третьего поколения

Устанавливается тахеометр на штативе над соответствующей точкой. Включается питание. Контролируя положение лазерного луча центрирующего устройства и, выводя подъемными винтами пузырек круглого уровня в нуль пункт, выполняется центрирование тахеометра, контролируя положение пятна лазера по дисплею. Включается режим «Автозахват центра». Если результат положителен, на дисплее выводится сообщение «Готово», в противном случае необходимо отъюстировать положение круглого уровня.

Фотоцентрирующее устройство представляет собой вертикальный компенсатор и фоторегистратор. Точное центрирование осуществляется программным путем наведения перекрестья сетки нитей устройства на центр знака. Величина отклонения и перемещения сетки нитей преобразуется в поправки, которые вводятся в компьютер и используются при дальнейших измерениях. Режим «Автозахват центра» представляет собой автоматическое отслеживание измерения величин отклонений проекции вертикальной оси тахеометра от центра знака, полученное по снимкам опорным (центр оси в центре знака) и текущим. Таким образом, центрирующее устройство отслеживает положение тахеометра относительно центра знака и вводит в память компьютера поправки за счет центрирования.

В памяти компьютера формируется банк данных штатных визирных целей, представляющих собой комплекты снимков штатных целей, выполненных с разным разрешением (пирамиды снимков).

Этот банк данных может пополняться.

Существует следующие режимы наведения: «Грубо», «Точно», «Ручной», «Автомат». Наведение в режиме «Грубо» наблюдая в окуляр тахеометра, вручную наводится труба на цель и джойстиком уточняется наведение. Наведение в режиме «Точно» осуществляется в два этапа. На первом этапе осуществляется грубое наведение, затем, наблюдая по дисплею, увеличив масштаб изображения цели, джойстиком осуществляется точное наведение на цель. В режиме наведения «Автомат» в компьютере предварительно записаны координаты целей. При включении данного режима, тахеометр устанавливает трубу по направлению на цель и осуществляет автозахват цели. Режим «Автомат» практически включен постоянно. Если при наведении в режиме «Грубо» захватывает цель, то он сообщает, что цель захвачена и командой «Ввод» выполняется фиксирование цели.

В высокоточных тахеометрах предусматривается еще один режим наведения на цель, режим «Высокоточный захват». В этом режиме после наведения в режиме «Точно» делается снимок цели с максимальным разрешением.

На рис. 2 показан процесс автозахвата цели. Цель совмещается с изображением этой цели, полученной с банка данных. Совмещение цели осуществляется программно серводвигателями.

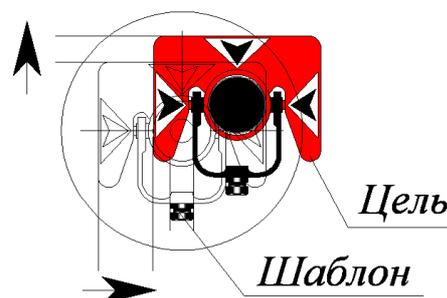


Рис. 2. Автозахват цели

При высокоточном фиксировании цели используется принцип поправок. После точного наведения на цель. Делается снимок поля зрения трубы, рис. 3.

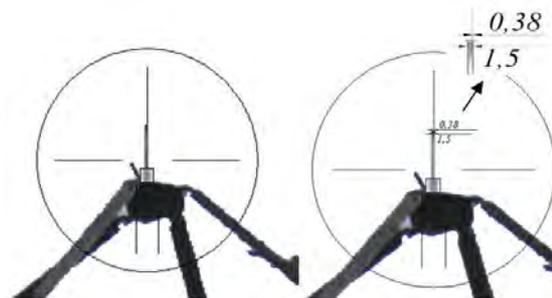


Рис. 3. Высокоточное наведение на цель

Программно определяется отклонение вертикальной оси от центра и вычисляется поправка в угол

$$\Delta\beta = \frac{(0.5L - 1)\rho}{S}, \quad (1)$$

где  $L$  – диаметр цели;  $l$  – расстояние от грани цели до вертикальной нити;  $\rho$  – число секунд в одном радиане;  $S$  – расстояние до цели.

При  $S=50$  м получим  $\Delta\beta=1.6''$ .

### Линейно-угловые измерения

Линейно-угловые измерения – один из наиболее распространенных видов работ. Эти работы применяются при создании различного вида геодезического обоснования. До середины прошлого века, когда отсутствовали электронные дальномеры, основным методом создания главного геодезического обоснования являлся метод триангуляции. В этом методе механическими приборами линейных измерений (базисными приборами) измерялись на одном звене триангуляции два базиса. Все остальные линейные параметры вычислялись по углам, решая треугольники. Высокоточные измерения углов в триангуляции всегда были трудоемкие, требовали большого напряжения исполнителей и значительного времени. Особенно это касалось триангуляций высших классов, когда длины сторон составляли десятки километров. Дело в том, что в течение года только считанные дни были благоприятными по атмосферным показателям для угловых измерений при расстояниях свыше 1 км. В больших сетях число угловых направлений на одном пункте достигало 8, и измерения выполнялись 6-12 приемами.

Применение современных тахеометров значительно упростило эти работы, причем были исключены эмоциональные нагрузки исполнителей. Рассмотрим, как выполняются эти измерения.

Необходимо выполнить линейно-угловые измерения на станции  $E$ , рис. 4.

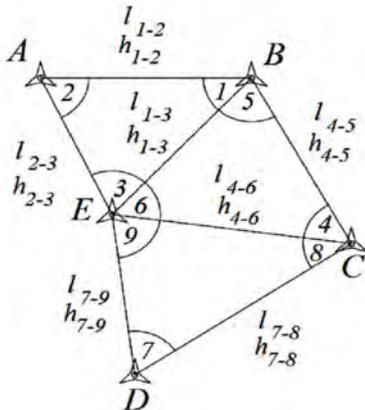


Рис. 4. Линейно-угловая сеть

В точку  $E$  устанавливается тахеометр, а в точках  $A, B, C, D$  – штативы с марками – отражателями. Выбирается режим измерений, точность линейных и угловых измерений. По этим параметрам тахеометр определяет необходимое число приемов и способ измерений. Тахеометр в режиме «Грубо» с последующим автозахватом наводится на все точки и включается режим «АВТО». Прибор в автоматическом режиме последовательно наводит свою трубу на все измеряемые точки, и производит измерения горизонтальных и вертикальных направлений, дальномерных расстояний. По измеренным предварительным направлениям и расстояниям тахеометр устанавливает трубу в заданном направлении и производит фиксирование линейно-угловой информации. Процесс измерений проходит до тех пор, пока не будут получена необходимая точность измерений. На других станциях измерения выполняются аналогично.

### Выводы

Новейшие достижения электроники и вычислительной техники получили широкое внедрение в геодезической практике. Были созданы высокотехнологические измерительные комплексы, обеспечившие практически полную автоматизацию геодезических работ. Наилучшим примером реализации современных технических решений является роботизированный тахеометр. Системы автоматического центрирования, системы учета наклона осей, системы автонаведения и сканирования, высокоточные угломерные устройства и светодальномер, высокоинтеллектуальное программное обеспечение – вот небольшой перечень уровня техники, которому соответствуют современные тахеометры.

Проведенный анализ современных конструкций тахеометров показал, что они полностью соответствуют современному уровню техники геодезических приборов.

### Список литературы

1. Sokkia. Серия CX. Электронный тахеометр. Руководство по эксплуатации – Токио: Sokkia Co., Ltd, Япония, 2014.
2. Leica FlexLine TS02/TS06/TS09. Руководство по эксплуатации. – Heerbrugg.: Leica Geosystems, Швейцария, 2013.

Поступила в редколлегию 1.09.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Г. Вандоловский, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков.

### ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ ТАХЕОМЕТРІВ

М.М. Токарев

*Розглянута конструкція роботизованих тахеометрів. Проведений аналіз відповідності тахеометрів сучасному рівню техніки. Розглянуті алгоритми основних завдань, що виконуються тахеометром. Проведений аналіз сучасних конструкцій тахеометрів показав, що вони повністю відповідають сучасному рівню техніки геодезичних приладів.*

**Ключові слова:** тахеометр, автонаведення, центрування, лінійно-кутова мережа.

### FEATURES OF MODERN TACHYMETERS

M.N. Tokarev

*The construction of robotized tachymeters is considered. The analysis of accordance of tachymeters the modern level of technique is made. The algorithms of basic tasks, executable tachymeter are considered. The conducted analysis of modern constructions of tachymeters rotned that they fully corresponded the modern level of technique of geodesic devices.*

**Keywords:** tachymeter, autoaiming, centring, arcwise-angular network.