

СИСТЕМА НАСАДОК ARGUSTAT НА ЭЛЕКТРОННЫЙ ТАХЕОМЕТР ДЛЯ СЪЕМКИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Маттиас Ферланд (Argus GeoTech, Германия)

В 1999 г. окончил Дрезденский геодезический институт (технический университет). Защитил диплом специалиста в области инженерной и спутниковой геодезии. После окончания института работал в Университете прикладных наук (г. Магдебург), с 2003 г. — научным сотрудником в Техническом университете (г. Дрезден). В 2004 г. основал компанию Argus GeoTech GmbH. В настоящее время — завершает работу над докторской диссертацией.

Съемка горных выработок, расположенных под землей, не может выполняться с помощью электронных тахеометров или других оптических и лазерных приборов, находящихся на поверхности земли. В этом случае, как правило, отметки и направления передаются методом вертикального или наклонного визирования с использованием специализированного оборудования, устанавливаемого внутри шахты. Аналогичная задача возникает при обследовании канализационных коллекторов и трубопроводов, когда необходимо выполнить пространственную съемку их внутренних поверхностей. Используемые для этих целей телевизионная и

радиолокационная съемки или трехмерное лазерное сканирование, не позволяют определить положение трубопровода в пространстве.

▼ Оптическая насадка ArgusTAT

Оптическая насадка ArgusTAT на электронный тахеометр позволяет решать описанные выше задачи (рис. 1). С помощью этой насадки можно проводить передачу отметок вниз и осуществлять ориентирование в вертикальных шахтах или в шахтах, имеющих небольшой наклон.

Конструктивно оптическая насадка ArgusTAT представляет собой полую L-образную подставку, устанавливаемую на

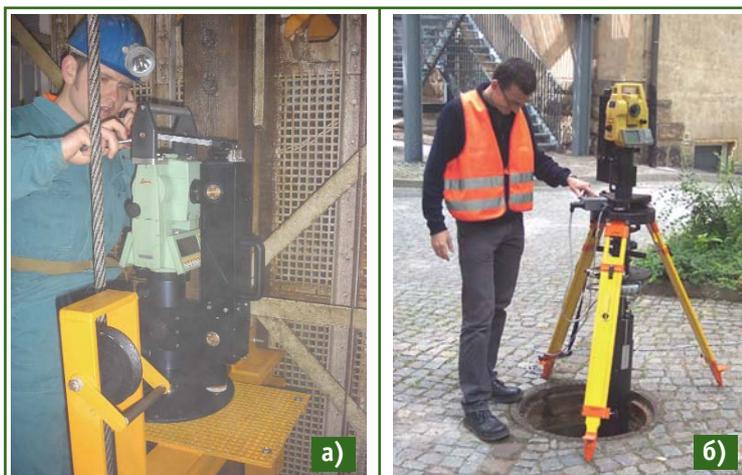


Рис. 1

Оптическая насадка ArgusTAT с электронным тахеометром: а) на верхней части шахтного ствола; б) над смотровым люком

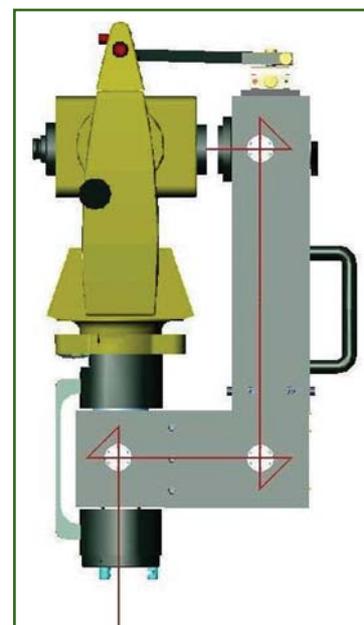


Рис. 2

Оптическая схема прохождения визирного луча в насадке ArgusTAT

штативе. Внутри подставки расположены три ортогональных зеркала, обеспечивающих отражение луча под прямым углом с точностью порядка $<3''$ (рис. 2). Каждое зеркало состоит из двух стеклянных пластин, одна из поверхностей которых покрыта зеркально-отражающим слоем (см. Геопрофи. — 2005. — № 1. — С. 32–34). Электронный тахеометр устанавливается в нижнюю часть подставки осью горизонтального круга и жестко крепится защелками-фиксато-

рами, а в верхней части — крепится с помощью устройства, устанавливаемого вместо переносной ручки тахеометра (рис. 2). Благодаря такой фиксации при вращении электронного тахеометра сохраняется его положение в горизонтальной плоскости, а визирный луч, проходящий через горизонтально установленную трубу тахеометра, отражается системой из трех ортогональных зеркал в вертикальное положение, коаксиально с вертикальной осью электронного тахеометра (рис. 2). Устройство, обеспечивающее крепление тахеометра в верхней части, ограничивает его перемещение в горизонтальной плоскости. Диапазон перемещения составляет 297° .

Точную установку насадки можно выполнить с помощью микрометрического винта. Несососность вертикальной оси электронного тахеометра приводит к несоосности насадки ArgusTAT. Однако это выражается только в параллельном смещении вертикального луча, поскольку визирную ось трубы тахеометра невозможно установить с высокой точностью в горизонтальной плоскости при использовании компенсатора. Максимальное параллельное смещение вертикального луча составляет 0,4 мм при рабочем диапазоне компенсатора $4'$ для электронных тахеометров компании Leica Geosystems.

Насадка ArgusTAT может использоваться с любым электронным тахеометром и позволяет передавать отметки вниз вертикально (надир) или наклонно. При установке вертикального круга электронного тахеометра под наклоном в положение $V = 90^\circ \pm \alpha$ визирный луч, проходящий через насадку, отклоняется на величину $\pm \alpha$ от положения вертикальной оси. Это позволяет выполнять съемку точек, расположенных на дне шахты, с поверхности.

При оптическом тракте 90 см апертура ограничена величиной 3,7 см (определяется размером третьего ортогонального зеркала). Таким образом, диапазон отклонения вертикального угла α может составлять $\pm 1^\circ$. Это соответствует базису длиной 6 м при глубине до 200 м. Измерения в глубоких шахтах могут быть выполнены только с применением электронных тахеометров, зрительная труба которых имеет коэффициент увеличения, равный коэффициенту увеличения оптических отсчетов. При измерении наклонных расстояний до дна шахты с использованием оптической насадки ArgusTAT необходимо учитывать величину вертикального угла.



Рис. 3
Подсветка отражателя

Встроенный в насадку светодиод обеспечивает подсветку отражателя при измерении только небольших расстояний. Для проведения измерений на большие расстояния или при плохой видимости в шахте целесообразно дополнительно освещать марку или отражатель, на которые выполняются измерения, например, галогеновой лампой (рис. 3).

Наведение тахеометра на исходное направление и снятие отсчетов на опорные точки

должны быть выполнены до закрепления тахеометра в верхней части насадки ArgusTAT. Измерения с помощью электронного тахеометра и насадки необходимо проводить при двух положениях вертикального круга и двух противоположных положениях горизонтального круга. Для измерений при втором положении вертикального круга необходимо ослабить и откинуть верхний фиксатор, повернуть насадку на 180° , а затем вернуть фиксатор в исходное положение.

Конструкция насадки должна соответствовать конкретному типу электронного тахеометра с учетом высоты оси вращения трубы и подставок, к которым крепится переносная ручка тахеометра. Рассматриваемая в данной статье конструкция оптической насадки была изготовлена для работы с электронным тахеометром TCR 303 компании Leica Geosystems. Она может быть использована и с другими электронными тахеометрами этой компании, за счет универсальности их конструкции.

Для оценки точности определения полярных координат с помощью оптической насадки ArgusTAT и электронного тахеометра TCR 303 были выполнены следующие измерения. Тахеометр с оптической насадкой был установлен над узкой шахтой глубиной 20 м в лестничном колодце 6-этажного здания. С помощью тахеометра для различных положений горизонтального круга четыре раза были выполнены измерения вертикальных углов и расстояний на отражатель, установленный на дне колодца со смещением относительно центра (рис. 3). На рис. 4 приведены: истинное положение отражателя (окружность зеленого цвета), проекция вертикальной оси электронного тахеометра и изме-

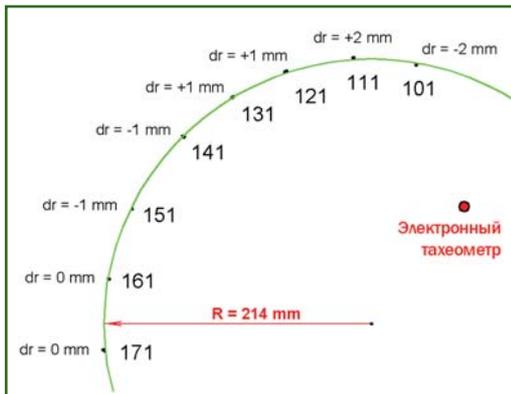


Рис. 4
Результаты оценки точности измерения полярных координат

ренные положения отражателя (точки черного цвета), нанесенные по вычисленным координатам, и величина отклонения для каждого измерения (dr). Максимальные отклонения измеренных значений координат от их истинных значений составили в плане и по высоте 2 мм, СКО положения центра круга — 0,1 мм.

В настоящее время в Техническом университете (г. Дрезден) проводятся исследования, цель которых — определить, каким образом можно минимизировать влияние боковой рефракции на результаты измерений, выполняемых в шахтах и колодцах с помощью оптической насадки такого типа.

Оптическая насадка ArgusTAT на электронный тахеометр поз-



Рис. 6
Нижняя часть МЗП с ортогональным зеркалом

воляет выполнять измерение глубины шахты (колодца), передавать вертикальные (надир) и наклонные направления в глубокие шахты горных выработок, лифтовые шахты, шахты строящихся тоннелей и др. Кроме того, эта система может быть использована для задания наклонной трехмерной системы координат, например, сухого дока судоверфи.

▼ Механическая зрительная труба

С целью расширения областей применения оптической насадки ArgusTAT, в частности, для передачи направления в горизонтальные и наклонные коллекторы через смотровые колодцы, разработан дополнительный модуль, который представляет собой механическую зрительную трубу (МЗП — рис. 5). Верхняя часть МЗП в вертикальном положении крепится к штативу, а в нижней части установлено ортогональное зеркало.

МЗП можно перемещать вверх и вниз с помощью троса с электроприводом. Таким образом можно менять расстояние от основания штатива до ортогонального зеркала (рис. 6). Это зеркало позволяет горизонтально отражать луч, прошедший через ось визирования зрительной трубы электронного тахеометра и оптическую насадку ArgusTAT. Совмещение оси МЗП с вертикальной осью электронного тахеометра обеспечивается карданной подвеской МЗП, расположенной в ее верхней части. Наличие МЗП и оптической насадки ArgusTAT позволяет проводить измерения с помощью электронных тахеометров, установленных на поверхности земли в смотровых колодцах или шахтах на глубине до 8 м.

Если горизонтальный круг электронного тахеометра приводится в движение, то оптиче-



Рис. 5
Механическая зрительная труба

ская насадка и механическая зрительная труба одновременно совершают такой же поворот. Обычно для того, чтобы повернуть тахеометр в горизонтальной плоскости, необходимо дополнительное усилие. При повороте горизонтального круга тахеометра меняется направление визирного луча, прошедшего через оптическую насадку

и ортогональное зеркало МЗП. Поэтому в зрительную трубу тахеометра будут видны объекты, находящиеся на высоте, совпадающей с ортогональным зеркалом МЗП, на которые можно измерять горизонтальный угол и расстояние. При этом линия визирования, задаваемая ортогональным зеркалом МЗП, будет параллельна визирной оси трубы электронного тахеометра. Горизонтальный угол можно измерять в пределах 90° .

Для определения расстояния, на которое с помощью МЗП опускается визирная ось трубы тахеометра, в нижней части механической зрительной трубы установлена отражательная пластина, меняющая положение по команде с пульта дистанционного управления. Измерение этого расстояния выполняется, когда пластина занимает горизонтальное положение.

При измерении расстояний до объектов отражательная пластина возвращается в исходную позицию, чтобы визирный луч прошел через ортогональное зеркало МЗП. Использование оптической насадки и МЗП совместно с электронным тахеометром TCR 1100 позволяет измерять расстояния от тахеометра до объектов без отражателя до 30 м, а с помощью отражательных марок или призм — более 300 м.

Конструкция оптической насадки ArgusTAT и механической зрительной трубы позволяет отклонять визирный луч тахеометра от горизонтальной плоскости. Значение этого угла ограничено апертурой ортогонального зеркала МЗП, которая составляет 16 см. В зависимости от глубины погружения МЗП угол наклона может быть в диапазоне от $\pm 0,5^\circ$ до $\pm 1^\circ$. Это означает, что измерения можно выполнять внутри канализационных коллекторов и трубопроводов, имеющих уклон до 2%.

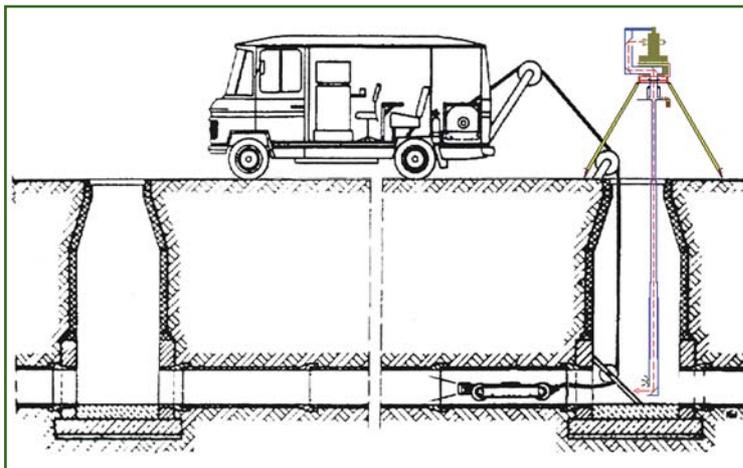


Рис. 7
Определение пространственного положения системы контроля канализации

Совместное использование оптической насадки и механической зрительной трубы позволяет с помощью электронного тахеометра, расположенного на поверхности земли, проводить высокоточные трехмерные измерения положения и направления канализационных коллекторов (труб) или трубопроводов. Кроме того, при наличии подсвеченной отражательной призмы можно определять плановое положение и высоту систем контроля канализационных труб (рис. 7). Если тележка движется внутри канализационной трубы, то за ней можно наблюдать до тех пор, пока она будет видна из смотрового колодца. Большинство канализационных труб между соседними смотровыми колодцами имеют прямолинейные участки, поэтому проблема состоит только в том, чтобы установить ортогональное зеркало МЗП непосредственно перед отверстием трубы. Таким образом можно проводить первоначальные исследования канализационных коллекторов и труб, а также выполнять измерения деформаций и определять точное положение разрушенных участков в канализационных коллекторах. Существенное преимущество этого метода состоит в

том, что измерения проводятся с поверхности земли, поэтому исполнители не подвергаются опасности.

Описанные выше устройства разработаны для исследования канализационных систем, но они могут найти применение при строительстве, для передачи направлений, выноса осей многоэтажных зданий, исполнительной съемки лифтовых шахт. Если расстояние от ортогонального зеркала МЗП до измеряемых объектов составляет 10–15 м, то точность определения пространственных координат будет равна нескольким сантиметрам. Эта точность достаточна для большинства строительно-монтажных работ.

Устройства могут также найти применение в археологии и геологоразведке, для исследования подземных полостей или каверн.

RESUME

Construction and features of the ArgusTAT attachment modular system for the total station are described. These attachments provide for surveying sewage systems and pipelines with the horizontal positioning and heightening accuracy of 2 mm. Due to these modular attachments nadir and oblique plumbing as well as shaft orientation have become possible.