

В данной статье речь пойдёт об определении величин ошибок измерений, возникающих при работе тахеометров с одноосевыми компенсаторами отклонений, и о влиянии на величину таких ошибок конструктивных особенностей тахеометров.

Немного общеизвестных фактов

Современные тахеометры наделены большим количеством функций, среди которых есть и определение расстояний, площадей и объёмов, и съёмка и вынос в натуру. Богатый функционал достигается использованием всего трёх операций - измерением длины дистанции до требуемой точки и измерением двух углов, в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Производство таких операций требует привязки к относительной системе координат, и перед началом каждого процесса измерений тахеометры устанавливают на «точку станции» и производят нивелировку. Для контроля и исполнения установки используется центрир, позволяющий совместить вертикальную ось прибора с точкой на опорной поверхности, для второго используются уровень и трегер.

Специфика проведения измерений требует осуществления систематического контроля над состоянием датчиков и показаниями прибора, отвечающих за привязку к системе координат. В современных тахеометрах в состав программного и аппаратного обеспечения вводят датчики и устройства, дублирующие действие друг друга, например цилиндрический и электронный уровни, а также устройства с непрерывным принципом действия, например, компенсаторы отклонений.

Одноосевые компенсаторы определяют продольный наклон основания тахеометра, происходящий после производства процедуры нивелировки, когда вертикальная ось прибора по каким-либо причинам отклоняется от вертикали, и вносят поправку в значение измеренного вертикального угла – добавляют величину угла наклона при наклоне корпуса вперёд и отнимают при отклонении прибора назад. Для контроля над поперечным наклоном в таких тахеометрах перпендикулярно продольной оси располагают цилиндрический уровень, контролировать который должен геодезист.

Тахеометры с двухосевыми компенсаторами обладают двумя датчиками отклонения, которые независимо друг от друга определяют наклон основания прибора в двух перпендикулярных плоскостях, в продольном и поперечном направлении, и, соответственно, вносят поправки в измерения вертикального и горизонтального углов.

Датчики отклонения в пределах своих технических параметров работают постоянно, и программное обеспечение производит корректировку измеряемых величин углов незаметно для геодезиста, проводящего измерения. Если величина угла наклона прибора выходит за допустимый предел его определения датчиком, то обычно программное обеспечение сигнализирует об этом появлением на экране предупреждения и остановкой процесса измерений, что влечёт за собой инициирование повторной процедуры привязки – приведения плоскости основания тахеометра в горизонтальное положение и совмещение вертикальной оси прибора с точкой станции.

По команде геодезиста программное обеспечение прибора может прекратить отслеживать работу датчиков отклонения. В таком случае, вместе с исчезнувшей компенсацией исключается и появление на экране предупреждений, а работа тахеометра не прерывается. Это предусмотрено для случаев, когда датчики не успевают следить за изменением положения корпуса прибора – например, при резком порывистом ветре, или при размещении на вибрирующем полу в производственном здании.

Для управления процессом съёмки и считывания показаний служит дисплей, и их у разных моделей тахеометров может быть как один, так и два, по одному на каждую сторону прибора.

Итак, в тахеометре с двухосевым компенсатором - если происходит наклон трегера или основания тахеометра в продольном или поперечном направлении, то превышение предела компенсирования в любом направлении вызывает остановку работы и появление картинки-предупреждения. Если наклон в пределах ограничений – то производится автоматическая компенсация измеренных значений, выдача итоговых значений на экран, и никакого оповещения не производится.

В тахеометре с одноосевым компенсатором – только в продольном направлении автоматически производится контроль наклона и автоматическая компенсация, если превышение – то предупреждение на экран и остановка работы. В поперечном направлении наклон любого размера не контролируется, не компенсируется, предупреждение не выдаётся и работа в любом случае не останавливается. Ответственность за поперечное направление лежит полностью на человеке – исполнителе работ.

Вопросы

Какова может быть величина ошибок измерений, появляющихся в результате смещений тахеометра с одноосевым компенсатором? Повлияет ли величина таких ошибок на выбор пользователя?

Предположения

Представим ситуацию. Тахеометр с одноосевым компенсатором, например, Focus 4, Spectra Precision, производства Nikon-Trimble, стоит на штативе, штатив центрирован на точке станции, произведена нивелировка; необходимо засечь несколько точек, другими словами – замерить несколько углов и расстояний до некоторых объектов. Тахеометр обладает одним экраном, над которым поперечно расположен цилиндрический уровень.

Допустим, что ВПЕРЁД – это ось X, НАПРАВО или НАЛЕВО – это ось Y в декартовой системе координат, то есть угол между осями X и Y равен 90 градусам. Под углом в 90 градусов к ним располагается ось Z – это вертикаль.

Тогда для оси X в тахеометре компенсация угла наклона производится, в случае превышения порога компенсации оповещение производится, и работа прерывается, для оси Y – не производится ни компенсация, ни оповещение, и работа тахеометра не прерывается в случае наклона.

Легко увидеть, что самое некомпенсируемое направление смещения – это ось Y, под углом 90 градусов к продольному направлению, иначе составляющая перемещения по оси X будет компенсироваться в пределах возможностей датчика отклонения. Тогда предположим, что движение тахеометра будет происходить именно в этом направлении, чтобы изучить самый «плохой» случай.

Также надо представить, насколько тахеометр сместится по оси Y. Допустим, на величину предельного угла компенсации по такой же оси в тахеометре с двухосевым компенсатором, это обычно в пределах 3 минут. На цилиндрическом уровне будет видно, что тахеометр изменил своё положение, стандартный уровень на тахеометрах такого класса – 30 сек / 2 мм; для 3-ёх минут пузырёк прижмётся к краю, и не заметить этого, смотря на экран прибора, над которым расположен уровень – это уже «специально». Но предположим, что исполнитель работ этого пока не замечает.

Тогда ситуация: после центрирования, непосредственно перед произведением замеров, одна нога штатива «утопает» в землю, штатив наклоняется, оптический центр тахеометра смещается вправо, и вертикальная ось Z отклоняется на угол 3 минуты в правую сторону, то есть в направлении оси Y.

Так как компенсатора отклонений положения оси Y нет, программное обеспечение тахеометра не регистрирует ни смещение, ни наклон, и будет рассчитывать углы и расстояния, исходя из координат точки станции, при этом реально находясь в другой точке пространства.

Попытаемся предположить – в описанной ситуации при съёмке точек, расположенных на оси X, изменение положения которой компенсируется тахеометром, ошибка в измерениях углов при небольшом поперечном наклоне тахеометра вправо или влево на расстояниях, обычно используемых при работах (40-200-500 метров), не превышает ошибок в точности, заявляемых сегодня в паспортных данных современных тахеометров.

При этом описанное предполагаемое смещение практически не вызовет ошибок в определении расстояния.

Исследование

Тахеометр измеряет углы и расстояния. Ошибка появляется из-за того, что реально происходит замер из другой точки пространства, не определённой в программном обеспечении тахеометра. Может неправильно измеряться как расстояние, так и угол.

Смещение происходит, в основном, из-за изменения положение ног штатива, вызванного деформацией опорной поверхности (подтаивание промёрзлой земли, выпадение камешков щебня или крошение асфальта). При этом смещается сам тахеометр (и, естественно, его оптический центр) относительно вертикали, проведённой через точку на поверхности земли, определённой как точка станции.

Чтобы получить угол в 3 минуты (0,05 градуса), при высоте прибора над землёй в 1,6 метра, при неподвижных двух ногах надо «утопить» третью ногу всего-то на 1,6 мм в грунт, при этом сдвиг оптического центра тахеометра составит примерно 1,28 мм относительно вертикали через точку станции. При этом о таком «смещении» можно легко узнать, взглянув на уровень, и скорректировать перед замером.

Так вот, к примеру, для замеров ВПЕРЁД, по оси X на расстояние 40 метров до точки сдвиг по оси Y (вправо, например) на 1,28 мм (предполагаемые 3 минуты) добавит к измеряемому углу примерно 6,2 «неучтённые» секунды, и на 50-ти метрах – примерно 5 секунд. Если измеряемое расстояние будет увеличиваться – «погрешный» угол будет только уменьшаться.

Для того, чтобы понять ситуацию с 40-ка метрами даже без рисунка, можно представить себе человека, стоящего на земле с широко расставленными ногами, и стреляющего лазерным лучом по мишени, расположенной впереди него на расстоянии 25 км. Сначала он стреляет, опираясь на левую ногу, потом переступает на правую ногу (сдвиг тахеометра на угол в 3 минуты), и делает второй выстрел по той же мишени. Так вот, ему, чтобы попасть точно в то же место, куда он целился в первый раз, необходимо повернуть своё тело именно на эти 6 секунд влево. По аналогии, в тахеометре это и будет ошибкой в измерении, причём тахеометр «будет считать», что замер произошёл «с левой ноги» - о сдвиге ему сообщить некому.

Для ситуации с 50-ю метрами человек должен стрелять по мишени на расстояние 31 км. И понятно, что с увеличением расстояния до мишени угол будет уменьшаться, а этот угол – это и есть ошибка, вызванная смещением, неучтённым тахеометром.

Вопрос к точности и достоверности может возникнуть, когда наклонённый – например, направо – тахеометр начнут поворачивать в горизонтальной плоскости (которая, строго говоря, уже не горизонтальная, а наклонная), например, налево на угол 90 градусов. Тогда лазер будет «стрелять» выше на те 3 минуты, на которые – как мы предположили ранее – направо наклонился тахеометр, и которым компенсации тогда не делалось. Но в этом случае начинает работать компенсатор в НАПРАВЛЕНИИ СЪЁМКИ, - ось X поворачивается, с ней поворачивается и компенсатор, и эти 3 минуты уже не вредят. Когда угол поворота прибора (из исходного положения – налево) меньше, чем 90 градусов, то и угол превышения меньше, чем 3 минуты, и компенсатор начинает работать, только меньше компенсирует. Когда поворачиваем на угол больший, чем 90 градусов, то есть продолжаем вращать алидаду после прохождения угла в 90 градусов, то ситуация повторяется, только с уменьшением влияния ошибки и действия компенсатора.

В описанной ситуации на измерение расстояний не накладывается практически никаких ограничений, они будут идентичны. Представьте себе разницу между расстояниями, которые проходит лазерный луч «с левой ноги» и «с правой ноги» на дистанции 25 километров...

Для полноты картины

Если поставить рядом два тахеометра одного класса, с одноосевым и двухосевым компенсатором соответственно, и смоделировать различные ситуации, когда «с одноосевым» не справился бы настолько, что это бы вызвало необходимость переделать работу, то, скорее всего, выяснится, что таких ситуаций не очень-то и много. Редко применяемые на практике короткие расстояния, съёмка объектов не в одном - продольном, а в разных направлениях, когда тахеометр всё-таки вращается, и наличие хотя бы одного компенсатора сведёт на нет действие человеческого фактора.

Предположения верны?

Из всего вышеизложенного видится ситуация такая:

1. На небольших измеряемых расстояниях (до 40 - 50-ти метров) вероятные ошибки в ИЗМЕРЕНИИ УГЛА (не расстояний) из-за того, что тахеометр наклонился по одной оси, исполнитель на это не обращает внимания, и по этой оси не производится компенсация, могут быть на предельном уровне заявленной точности. Но на более длинных измерениях вносимая ошибка оказывается на таком же уровне, как и в тахеометрах с двухосевым компенсатором.

2. Изменение положения связки «верхняя плоскость штатива – трегер – основание тахеометра» не происходит только по одной из трёх пространственных осей; мы рассмотрели идеальный и самый плохой случай, а, как обычно, изменение происходит по всем трём осям, в большей или меньшей степени. Поэтому, при наличии компенсатора, а, самое главное – оповещателя изменения положения – действующего хотя бы для одной оси, эти изменения, наверное, практически всегда можно заметить, и / или автоматически скомпенсировать их негативное влияние.

3. Как обычно, тахеометры с одноосевым компенсатором поставляются не с двумя, а с одной панелью управления. Выглядит логично – если уж экономить, так экономить. И цилиндрический уровень обычно располагают там, где расположена панель управления, и где всегда во время работ находятся глаза исполнителя работ, то есть изменение положения пузырька всегда легко заметить.

4. Сегодня при выполнении практически любого вида работ, где используются тахеометры, требуется следовать определённым правилам для устранения всякого рода ошибок, в том числе и КЛ – КП. Выполнение всех правил на сегодняшний день почти сводит на «нет» преимущества тахеометра с двухосевым компенсатором перед таким же с одноосевым.

5. Как видится, двухосевой компенсатор выигрывает на малых расстояниях, и там, где необходима повышенная точность. При выполнении работ на строительных площадках зданий, туннелей, в городских условиях так же важно наличие второй панели, видимого лазерного луча, и расширенного набора функций, например, автоматические измерения в роботизированных тахеометрах. Поэтому, как обычно, двухосевые компенсаторы применяются в более дорогих моделях тахеометров, где такой функционал востребован.

4. Ну, и выбору любого оборудования предшествует создание так называемого профайла на использование, или применение определённого шаблона к рассматриваемому прибору – в каких условиях он будет использоваться, какие работы надо выполнять, в какие сроки и с какой рентабельностью. Применение такого подхода позволяет выявить модели-фавориты, и эффективно использовать имеющиеся средства, не переплачивая за ненужный функционал.

И – что особенно важно – фирмы-производители, перед тем, как создать модель оборудования, в первую очередь формируют такие профайлы, тщательно изучают запросы своих потенциальных покупателей, и потом реализуют в приборах функции, чтобы модель дошла до тех, кому она реально нужна.

Поэтому, как видится, изучение оборудования, предполагаемого к приобретению, а в особенности тахеометров – средства измерения и средство производства в одном ящике – надо начинать с юзер гайда, куда производитель вкладывает описание всех своих «фишек» и функций.

А теперь давайте зададим вопрос – сколько процентов тех, кто УЖЕ ПОЛЬЗУЕТСЯ тахеометрами, прочитал все страницы Руководства пользователя?