

*ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ
ПРИБОРОВ ЗА НЕПРАВИЛЬНОСТЬ ФОРМЫ ЦАПФ
И БОКОВОЕ ГНУТИЕ ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ*

М.А. ПАСТУХОВ, В.В. ДЕНИСЕНКО, Д.А. ГУРА, Г.Г. ШЕВЧЕНКО

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: denvivi@yandex.ru, gda-kuban@mail.ru*

Отмечено, что на современном этапе развития строительства постоянно увеличивается количество возводимых высотных сооружений. С развитием высотного строительства повышаются требования к точности результатов геодезических измерений, выполняемых геодезическими приборами (теодолитами, тахеометрами и т.п.). При измерении горизонтальных углов между точками находящимися на различной высоте в геодезических приборах могут возникать погрешности за неправильностью формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы, которые должны учитываться в результатах геодезических измерений. Известные методы определения погрешности геодезических приборов за неправильностью формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы не нашли широкого применения, т.к. имеют ряд существенных недостатков. На кафедре Кадастра и геоинженерии Кубанского государственного технологического университета разработан метод определения погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы, лишенный недостатков известных способов. Приведено описание метода и улучшения, которые обеспечивает метод.

Ключевые слова: тахеометр, теодолит, погрешность измерений, цапфы, зрительная труба, горизонтальная ось, геодезическое сопровождение, строительство.

Итогом развития геодезического приборостроения стало появление принципиально новых конструкций приборов, созданных для выполнения различных геодезических измерений. Прежде всего, к этим приборам можно отнести электронный тахеометр, обладающий следующими уникальными характеристиками: автоматизированный процесс проведения измерений, высокая точность, возможность получения результатов измерений в удобной компьютерной форме.

Наиболее востребованными на сегодняшний день становятся следующие виды работ, предполагающие высокоточные угловые измерения: создание государственных геодезических и опорных сетей, точное вынесение и закрепление осей при строительстве, геодезический мониторинг зданий и

сооружений, обеспечение безопасности эксплуатации уникальных инженерных сооружений.

На современном этапе развития строительства постоянно увеличивается количество возводимых высотных сооружений. Так, в г. Москве построено более 50 зданий высотой более 130 м, в г. Сургут – Югорский железнодорожный мост высотой 150 м, а в г. Владивостоке – Русский мост высотой 321 м и т.д.

С развитием высотного строительства повышаются требования к точности результатов геодезических измерений, выполняемых геодезическими приборами (теодолитами, тахеометрами и т.п.). При этом диапазон измерений по вертикальным углам, выполняемый с помощью геодезических приборов, увеличивается и может достигать от -30° до $+45^{\circ}$ и более.

При измерении горизонтальных углов между точками находящимися на различной высоте в геодезических приборах могут возникать погрешности за неправильностью формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы, которые должны учитываться в результатах геодезических измерений.

Известные методы определения погрешности геодезических приборов за неправильностью формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы [1-11] не нашли широкого применения, т.к. имеют ряд существенных недостатков.

Так, в методе исследования неправильности формы цапф горизонтальной оси теодолитов и тахеометров [1, гл. 10.9 и 11.20], определение неправильности формы цапф производится путем контактного измерения диаметра цапф при различных зенитных расстояниях зрительной трубы и обработки полученных измерений.

Этот метод имеет следующие недостатки:

- необходимость частичной разборки исследуемого прибора;
- раздельное измерение диаметра каждой цапфы при различных зенитных расстояниях зрительной трубы и невысокая точность таких измерений;
- невозможность одновременного измерения диаметра обоих цапф при различных зенитных расстояниях зрительной трубы;

- сложность и трудоемкость измерения диаметра цапф при различных положениях зрительной трубы относительно горизонтальной оси;
- сложность и трудоемкость обработки результатов измерений.

В методе определения погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф [2, С. 157-165] на объективном конце зрительной трубы исследуемого геодезического прибора (теодолита) закрепляют зеркало, отклоняющее визирную ось приблизительно на 90° , так, чтобы она была направлена на точку пересечения горизонтальной и вертикальной осей другого измерительного теодолита, зрительной трубой которого точно наводят через зеркало на сетку нитей исследуемого теодолита при разных зенитных расстояниях его зрительной трубы. По горизонтальному и вертикальному кругам измерительного теодолита производят отсчеты, которые используют для расчета погрешности при разных зенитных расстояниях зрительной трубой.

Этот метод имеет следующие недостатки:

- для реализации метода кроме исследуемого прибора необходим ещё один (измерительный) теодолит;
- точность измерительного теодолита должна быть не ниже требуемой точности определения погрешности исследуемого теодолита;
- при наведениях измерительным теодолитом используют как горизонтальный, так и вертикальный отсчетные круги, отсчёты по которым затем идут в обработку, хотя целью исследований является определение погрешности измерения только горизонтальных углов;
- дополнительные отсчёты по вертикальному отсчетному кругу, имеющие свои погрешности, уменьшают точность исследования;
- необходимость отсчитывания по обоим отсчетным кругам предусматривает при измерениях наведение на середину сетки исследуемого теодолита сразу обеими нитями измерительного теодолита, т.е. совмещение изображений центров сеток обоих теодолитов, при том, что оба изображения разворачиваются друг относительно друга при разных положениях зрительной трубы по высоте исследуемого теодолита. Такие наведения значительно ниже

по точности по сравнению с наведениями на точку только одной нитью – горизонтальной, или вертикальной. В результате имеем ещё один источник погрешности исследования за счёт пониженной точности наведения;

- дополнительные отсчёты по вертикальному отсчетному кругу увеличивают объём и длительность исследований;

- методика обработки измерений громоздкая и не наглядная.

В методе определения погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы [3] на объективном конце зрительной трубы исследуемого прибора закрепляют отражающее зеркало под углом 45° к визирной оси. На продолжении горизонтальной оси вращения зрительной трубы исследуемого прибора размещают марку со светящейся точкой. Отражающее зеркало ориентируют таким образом, чтобы оно отклоняло визирную ось в направлении, приблизительно параллельном горизонтальной оси исследуемого прибора и при вращении зрительной трубы вокруг ее оси изображение светящейся точки не выходило из поля зрения, наведения на светящуюся точку. Производят наведение на светящуюся точку и измерения ее положения относительно перекрестья сетки зрительной трубы при различных зенитных расстояниях зрительной трубы в приёме при "круге лево" и "круге право" и производят расчет погрешности.

Этот метод имеет следующие недостатки:

- на точность определения погрешности оказывают влияние погрешности наведения на марку и погрешности отсчётов по горизонтальному кругу (или по окулярному микрометру), что снижает точность определения погрешности;

- для технических теодолитов и теодолитов средней точности невозможно получить точность определения погрешности выше точности его отсчётного устройства, например, для теодолита типа Т5, у которого среднеквадратическая погрешность измерения углов составляет $5''$, точность определения поправки за неправильность цапф и боковое гнутие зрительной трубы тоже будет близка к $5''$;

- для оптических теодолитов невозможно обнаружить ошибки измерений при ошибочной установке зрительной трубы по высоте.

На кафедре Кадастра и геоинженерии Кубанского государственного технологического университета разработан метод определения погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы [12], лишенный недостатков известных методов.

Для реализации метода определения погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы необходимо иметь отражающее зеркало 1, цифровой фоторегистратор 2 и марку 3 (рисунки 1-3).

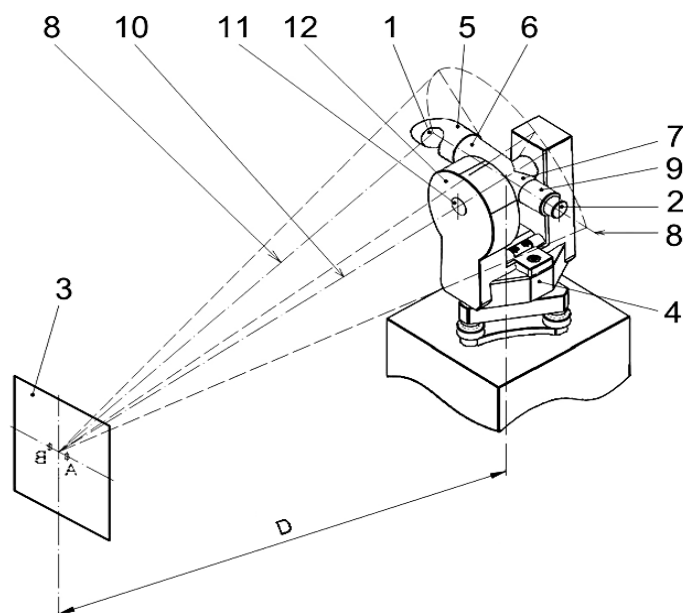


Рисунок 1 – Принципиальная схема реализации метода определения погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы

Отражающее зеркало 1 устанавливается в специальной насадке 5 с возможностью регулирования угла отклонения визирной оси 8 зрительной трубы на $2-3^\circ$ в горизонтальной и на $2-3^\circ$ в вертикальной плоскостях.

Возможность поворота отражающего зеркала 1 в горизонтальной и вертикальной плоскостях обеспечивается с помощью шарнирного приспособления (рисунок 2), состоящего из жесткой пластины 13, имеющей сферический палец 14, и сферической ступицы 15, неподвижно закрепленной на крышке 16 насадки 5. Пластина 13 фиксируется в исходном положении

микрометрическим винтом 17 с пружиной сжатия 18, размещенными на вертикальной оси, и микрометрическим винтом 19 с пружиной сжатия 20, размещенными на горизонтальной оси пластины 13. За исходное положение пластины 12 принимается положение параллельное крышке 16, которая устанавливается под углом 45° к оси насадки 5. Отражающее зеркало 1 закрепляется на пластине 13 неподвижно.

Фоторегистратор 2 выполняется в виде любой цифровой камеры с режимами фото- и видеосъемки.

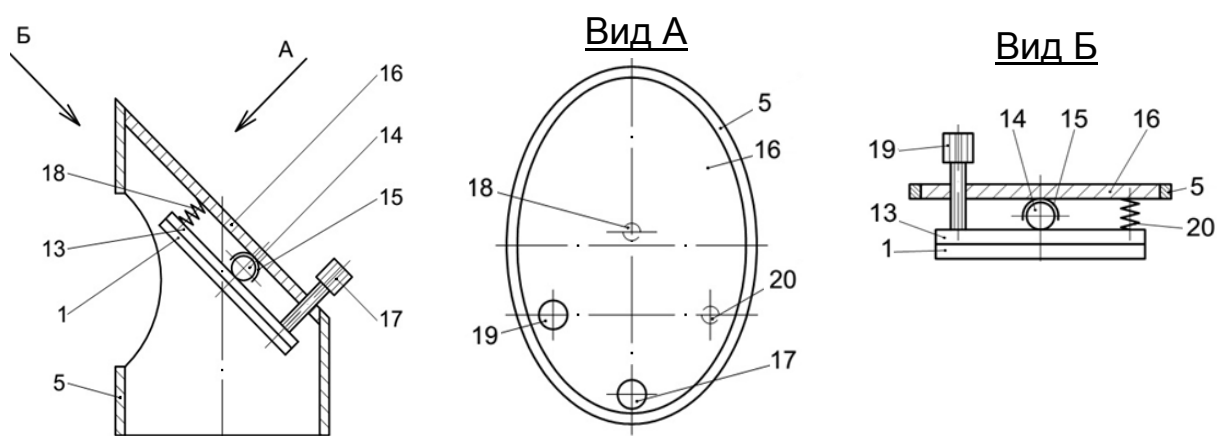


Рисунок 2 – Общий вид специальной насадки с отражающим зеркалом и приспособлением регулирования угла отклонения визирной оси геодезических приборов в горизонтальной и вертикальной плоскостях

Марка 3 выполняется в виде жесткой пластины с двумя светящимися точками *A* и *B* диаметром 0,3-0,5 мм (рисунок 3), расположенными на горизонтальной оси на расстоянии 12-25 мм друг от друга (или 2-4' в угловой мере), и устанавливается перпендикулярно и соосно оси вращения 10 зрительной трубы 7 на расстоянии $D=10-20$ м от исследуемого геодезического прибора 4 (рисунок 1).

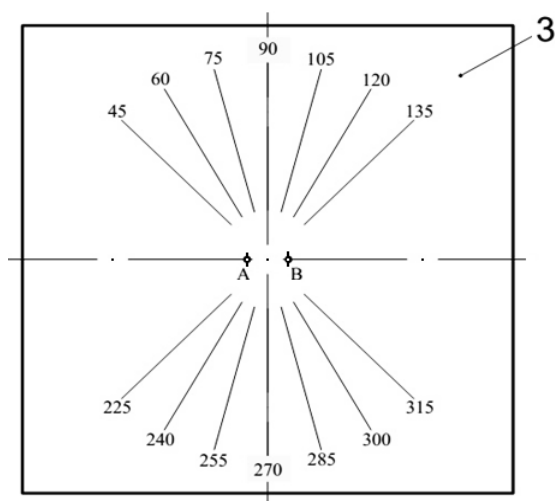


Рисунок 3 – Внешний вид марки

Светящиеся точки *A* и *B* могут выполняются в виде двух отверстий в марке диаметром 0,3-0,5 мм, оснащенных светодиодами.

Для упрощения настройки исходного положения исследуемого геодезического прибора 4 и контроля положения зрительной трубы 7 на марке 3 наносятся вертикальная и горизонтальная оси и наклонные линии с шагом 15°, начиная с угла 45°.

В окулярном конце 9 зрительной трубы 7 имеется перекрестье сетки 21 и вертикальная нить 22 (рисунок 4).

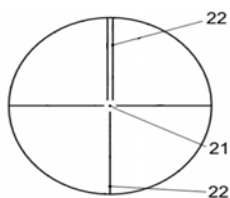


Рисунок 4 – Поле зрения зрительной трубы геодезических приборов

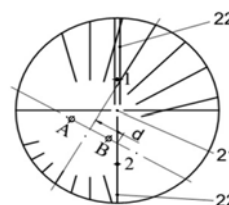


Рисунок 5 – Фотоизображение поля зрения зрительной трубы, наведенной на марку

Метод определения погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы осуществляется следующим образом (рисунки 1-4).

Марку 3 устанавливают перпендикулярно и соосно оси вращения 10 зрительной трубы 7 на расстоянии $D=10-20$ м от исследуемого геодезического прибора 4. Марка 3 может быть установлена на штативе, специальном кронштейне или на стене здания.

На объективном конце 6 зрительной трубы 7 исследуемого геодезического прибора 4 закрепляют с помощью специальной насадки 5 отражающее зеркало 1 под углом приблизительно 45° к визирной оси.

С помощью микрометрических винтов 17 и 19 регулируют положение отражающего зеркала 1 в вертикальной и горизонтальной плоскостях так, чтобы визирная ось 8 зрительной трубы 7 проходила приблизительно через середину отрезка $A-B$ между светящимися точками A и B марки 3 при двух горизонтальных положениях зрительной трубы 7: "круг лево" и "круг право". При этом за "круг лево" принимается положение исследуемого геодезического прибора 4, когда отсчетный вертикальный круг 12 находится слева относительно окулярного конца 9 зрительной трубы 7, а за "круг право" – когда отсчетный вертикальный круг 12 находится справа относительно окулярного конца 9 зрительной трубы 7.

На окулярном конце 9 зрительной трубы 7 исследуемого геодезического прибора 4 закрепляют цифровой фоторегистратор 2 с возможностью охвата поля зрения зрительной трубы 7.

Затем зрительную трубу 7 исследуемого геодезического прибора 4 последовательно переводят на разные зенитные расстояния по его отсчетному вертикальному кругу 12 или по наклонным линиям на марке 3 и с помощью цифрового фоторегистратора 2 производят цифровую фото- или видеорегистрацию поля зрения зрительной трубы 7 при всех ее зенитных расстояниях в приеме (рисунок 5).

При этом в качестве приёма принимается весь возможный для наблюдений диапазон зенитных расстояний зрительной трубы 7 при "круге лево" от крайнего нижнего до крайнего верхнего положения, затем в другую сторону при "круге право" от крайнего верхнего до крайнего нижнего положения.

В частности, если вертикальный отсчетный круг 12 исследуемого геодезического прибора 4 отградуирован от 0° до 360° и отсчёт по нему равен 0° , когда зрительная труба 7 направлена в зенит, то измерения можно

проводить через любые интервалы: в одну сторону в диапазоне отсчетов от 135° до 45°, затем в другую сторону в диапазоне отсчетов от 315° до 225°. Например, для интервала 15° зрительную трубу 7 устанавливают на отсчеты 135°, 120°, 105°, 90°, 75°, 60°, 45° в одну сторону и 315°, 300°, 285°, 270°, 255°, 240°, 225° – в другую сторону.

По каждому полученному цифровому фотоизображению (рисунок 5):

- *определяют* координаты точек A и B и произвольно принимаемых на вертикальной нити 22 сетки выше и ниже перекрестия сетки 21 точек 1 и 2. Координаты $x_A, y_A, x_B, y_B, x_1, y_1, x_2$ и y_2 точек $A, B, 1$ и 2 на фотоизображениях определяют с помощью любого графического редактора в любой прямоугольной правой системе координат с произвольными ориентировкой, положением начала координат и масштабом;

- *вычисляют*:

коэффициенты $a_{A-B}, b_{A-B}, a_{1-2}$ и b_{1-2} уравнений двух прямых $A-B$ и $1-2$ на фотоизображении по формулам

$$a_{A-B} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad b_{A-B} = \frac{x_B \cdot y_A - x_A \cdot y_B}{x_B - x_A}; \quad (1)$$

$$a_{1-2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}; \quad b_{1-2} = \frac{x_2 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_2}{x_2 - x_1}, \quad (2)$$

где $x_A, y_A, x_B, y_B, x_1, y_1, x_2$ и y_2 – координаты точек $A, B, 1$ и 2 на фотоизображении в прямоугольной правой системе координат;

координаты x_0 и y_0 точки пересечения прямых линий $A-B$ и $1-2$ по формулам

$$x_0 = -\frac{b_{A-B} - b_{1-2}}{a_{A-B} - a_{1-2}}; \quad y_0 = \frac{a_{A-B} \cdot b_{1-2} - a_{1-2} \cdot b_{A-B}}{a_{A-B} - a_{1-2}}, \quad (3)$$

и погрешность за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы для каждого ее зенитного расстояния в приёме по формуле

$$\Delta_z = \alpha_z - \alpha_0, \quad (4)$$

где α_z – средний угол между серединой отрезка $A-B$ и вертикальной нитью сетки зрительной трубы на фотоизображениях, полученных при одинаковом

зенитном расстоянии z зрительной трубы в приёме, соответственно при "круге лево" и "круге право", определяемый по формуле

$$\alpha_z = \frac{c \cdot \rho''}{2 \cdot D} \cdot \left(\frac{d_z^L}{s_z^L} + \frac{d_z^R}{s_z^R} \right), \quad (5)$$

α_0 – средний весовой горизонтальный угол для всех зенитных расстояний z_i зрительной трубы в приеме между направлениями на середину отрезка $A-B$ и осью вращения зрительной трубы, определяемый по формуле

$$\alpha_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_{z,i} \cdot \sin^2 z_i}{\sum_{i=1}^n \sin^2 z_i}, \quad (6)$$

n – число зенитных расстояний z зрительной трубы в полуприёме (при "круге лево" или "круге право");

i – номер измерения (зенитного расстояния зрительной трубы) в полуприёме ($i = 1, 2, \dots, n$);

c – расстояние между точками A и B на марке;

ρ'' – число секунд в одном радиане. $\rho'' = 206265''$;

D – расстояние от оси исследуемого геодезического прибора до марки;

d_z^L и d_z^R – расстояния от середины прямой линии $A-B$ до точки пересечения прямых линий $A-B$ и 1-2 на фотоизображениях, полученных при одинаковом зенитном расстоянии z зрительной трубы в приёме, соответственно при "круге лево" (верхний индекс L) и "круге право" (верхний индекс R), определяемые по формуле

$$d_z = \sqrt{\left(x_0 - \frac{x_A + x_B}{2} \right)^2 + \left(y_0 - \frac{y_A + y_B}{2} \right)^2}; \quad (7)$$

s_z^L и s_z^R – длины прямой линии $A-B$ на фотоизображениях, полученных при одинаковом зенитном расстоянии z зрительной трубы в приёме соответственно при "круге лево" (верхний индекс L) и "круге право" (верхний индекс R), определяемые по формуле

$$s_z = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}; \quad (8)$$

Формулы (4-6) предусматривают компенсацию погрешности за возможную разномасштабность фотоизображений по двум взаимно перпендикулярным осям, когда окружность изображается на фотоизображениях эллипсом.

При вычислении расстояний d_z^L и d_z^R знак после извлечения корня в формуле (7) принимают равным знаку, получаемому в скобках первого выражения формулы (7).

При вычислении среднего угла α_z в скобках формулы (5) принимают знак «+», если при переводе зрительной трубы 7 через зенит фотоизображение поворачивается на 180° , или знак «-», если при переводе зрительной трубы 7 через зенит фотоизображение не поворачивается на 180° .

Для подтверждения точности получаемых результатов выполняют следующие контроли измерений:

- длины прямой линии $A-B$, вычисленные по формуле (8), для всех наведений в приёме не должны различаться между собой более, чем на 2 %;
- расхождение между установленным и вычисленным по координатам точек $A, B, 1$ и 2 по формуле (9) зенитными расстояниями z зрительной трубы 7 не должно превышать 3° .

$$z = \arctg \frac{a_{A-B} - a_{1-2}}{1 + a_{A-B} \cdot a_{1-2}}. \quad (9)$$

Полученную погрешность Δ_z исследованного геодезического прибора показывают на графике погрешности за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы при различных зенитных расстояниях z зрительной трубы (рисунки 6-7) и учитывают в результатах измерений горизонтальных углов этим прибором и, таким образом, повышают точность результатов измерений геодезическими приборами.

Погрешность Δ_z за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы, секунды

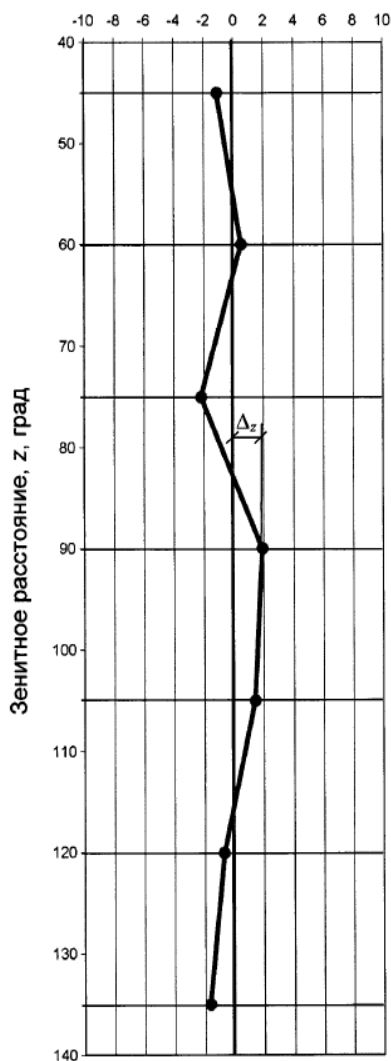


Рисунок 6 – График погрешности оптического теодолита модели ЗТ2КП зав. № 133362 за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы при различных зенитных расстояниях зрительной трубы в приёме

Погрешность Δ_z за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы, секунды

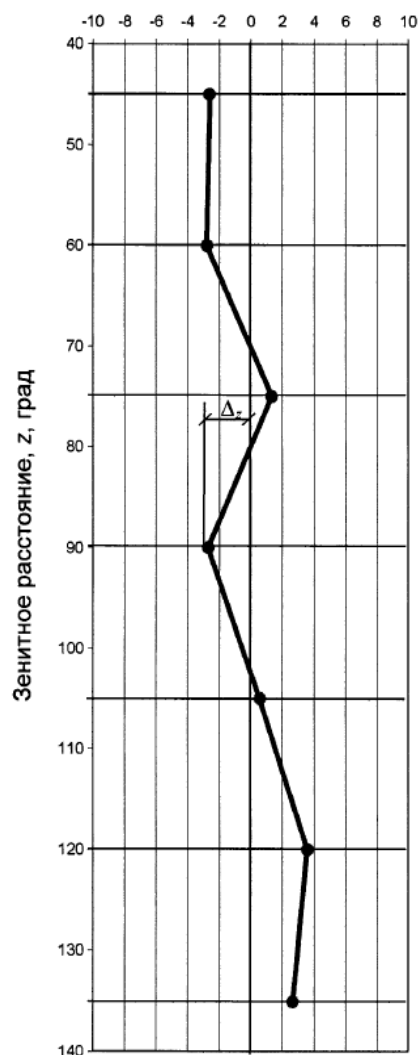


Рисунок 7 – График погрешности электронного тахеометра модели Leica TS 06 зав. № 1321778 за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы при различных зенитных расстояниях зрительной трубы в приёме

Опытные испытания описанного метода, проведенные на шести электронных тахеометрах и трех оптических теодолитах, подтвердили, что оно упрощает, ускоряет и повышает точность выведения визирной оси зрительной трубы исследуемых геодезических прибора в требуемое положение, уменьшает размеры требуемого для исследований геодезических приборов помещения, повышает достоверность результатов регистрации поля зрения зрительной трубы при различных зенитных расстояниях зрительной трубы, повышает достоверность и точность определения погрешности геодезических приборов за

неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы, создает условия для автоматизации определения погрешности геодезических приборов, а также обеспечивает возможность использования в производстве новых и с истекшим сроком эксплуатации геодезических приборов, имеющих погрешности выше допускаемых их классом точности и соответственно обеспечивает определенный практический и экономический эффект [13-17].

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по астрономическим определениям: Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила / Ермоленко А.В. и др. – М.: Недра, 1984. – 381 с.

2. Литвинов В.А., Лобачев В.М., Воронков Н.М. Геодезическое инструментоведение. – М.: Недра, 1971. – 328 с.

3. Желко Ч.Н. Способ определения поправок за неправильность формы цапф горизонтальной оси и боковое гнутие зрительной трубы / Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1984, № 3. – С. 44-50.

4. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G. Experimental investigations of the errors of measurements of horizontal angles by means of electronic tacheometers // Measurement Techniques. – 2014, Т. 57, № 3. – С. 277-279.

5. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. История проблемы исследования погрешностей измерений углоизмерительных приборов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013, № 5. – С. 43-45.

6. Шевченко Г.Г., Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А. Определение смещений и осадок сооружений с использованием поискового метода уравнивания // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2013, № 7 (17). – С. 37-40.

7. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Аветисян Г.Г. Измерения геометрии высоких стальных трёхгранных сооружений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010, № 6. – С. 13-19.

8. Шевченко Г.Г., Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А. Метод определения смещений и осадок сооружений с учетом особенностей работ на

строительной площадке // Промышленное и гражданское строительство. – 2012, № 11. – С. 23-24.

9. Кравченко Э.В., Будагов И.В., Бондаренко Е. О состоянии и использовании земельных ресурсов Краснодарского края / Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2014, № 4. – С. 60-65.

10. Кравченко Э.В., Будагов И.В., Кравченко Е.С. Об учете экологических факторов при планировании использования городских земель / Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2013, № 3. – С. 116-117.

11. Осенняя А.В., Будагов И.В., Денисенко В.В., Желтко Ч.Н., Кононенко В.Н., Кравченко Э.В., Пинчук А.П., Хахук Б.А. Мониторинг объектов недвижимости на примере муниципальных образований Краснодарского края // Отчет о НИР по теме № 01201152081. – Краснодар: КубГТУ. – 33 с.

12. Патент на изобретение РФ № 2594950 G01C 25/00, G01B 11/26. Способ определения погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы / Пастухов М.А., Желтко Ч.Н., Денисенко В.В. // Изобретения. Полезные модели. – М., 2016, № 23.

13. Гура Д.А., Аветисян Г.Г., Желтко Ч.Н. Исследования упругих деформаций электронных тахеометров // Геодезия и картография. – 2011, № 5. – С. 10-12.

14. Гура Д.А., Аветисян Г.Г., Желтко С.С. Об исследованиях угломерных ошибок электронных тахеометров // Геодезия и картография. – 2011, № 4. – С. 16-18.

15. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Исследования влияния внецентренности алидады электронных тахеометров // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015, № 6. – С. 18-23.

16. Желтко Ч.Н., Пастухов М.А., Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Оценка погрешности измерения горизонтальных углов при геодезическом сопровождении высотного строительства // В сборнике: Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Научные чтения памяти профессора В.Б. Федосенко. – 2015. – С. 389-394.

17. Гура Д.А. Разработка методов исследования электронных тахеометров в условиях производства для оценки и повышения точности измерения горизонтальных углов // Автореферат дисс... канд.техн.наук., 25.00.32 / Московский государственный университет геодезии и картографии. – М., 2016. спец 24 с.

REFERENCES

1. Rukovodstvo po astronomicheskim opredeleniyam: Geodezicheskie, kartograficheskie instruktsii, normy i pravila / Ermolenko A.V. i d.r. – М.: Nedra, 1984. – 381 s.
2. Litvinov V.A., Lobachev V.M., Voronkov N.M. Geodezicheskoe instrumentovedenie. – М.: Nedra, 1971. – 328 s.
3. Zhelko Ch.N. Sposob opredeleniya popravok za nepravilnost formy tsapf gorizontallyy osi i bokovoe gnutie zritel'noy trubyy / Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosemka. – 1984, № 3. – S. 44-50.
4. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G. Experimental investigations of the errors of measurements of horizontal angles by means of electronic tacheometers // Measurement Techniques. – 2014, T. 57, № 3. – S. 277-279.
5. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. Istoriya problemy issledovaniya pogreshnostey izmereniy ugloizmeritelnykh priborov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotosemka. – 2013, № 5. – S. 43-45.
6. Shevchenko G.G., Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A. Opredelenie smeshcheniy i osadok sooruzheniy s ispolzovaniem poiskovogo metoda uravnivaniya // Novyy universitet. Seriya: Tekhnicheskie nauki. – 2013, № 7 (17). – S. 37-40.
7. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Avetisyan G.G. Izmereniya geometrii vysokikh stalnykh trekhgrannykh sooruzheniy // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotosemka. – 2010, № 6. – S. 13-19.
8. Shevchenko G.G., Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A. Metod opredeleniya smeshcheniy i osadok sooruzheniy s uchetom osobennostey rabot na stroitel'noy ploshchadke // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2012, № 11. – S. 23-24.

9. Kravchenko E.V., Budagov I.V., Bondarenko E. O sostoyanii i ispolzovanii zemelnykh resursov krasnodarskogo kraia / Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhnicheskiy vestnik). 2014, № 4. – S. 60-65.

10. Kravchenko E.V., Budagov I.V., Kravchenko E.S. Ob uchete ekologicheskikh faktorov pri planirovanii ispolzovaniya gorodskikh zemel / Nauka. Tekhnika.

Tekhnologii (politekhnicheskiy vestnik). 2013, № 3. – S. 116-117.

11. Osennyaya A.V., Budagov I.V., Denisenko V.V., Zheltko Ch.N., Kononenko V.N., Kravchenko E.V., Pinchuk A.P., Khakhuk B.A. Monitoring obektov nedvizhimosti na primere munitsipalnykh obrazovaniy krasnodarskogo kraia // Otchet o NIR po teme № 01201152081. – Krasnodar: KubGTU. – 33 s.

12. Patent na izobretenie RF № 2594950 G01C 25/00, G01B 11/26. Sposob opredeleniya pogreshnosti geodezicheskikh priborov za nepravilnost formy tsapf i bokovoe gnutie zritelnoy trubyy / Pastukhov M.A., Zheltko Ch.N., Denisenko V.V. // Izobreteniya. Poleznye modeli. – M., 2016, № 23.

13. Gura D.A., Avetisyan G.G., Zheltko Ch.N. Issledovaniya uprugikh deformatsiy elektronnykh takheometrov // Geodeziya i kartografiya.-2011, № 5.-S. 10-12.

14. Gura D.A., Avetisyan G.G., Zheltko S.Ch. Ob issledovaniyakh uglomernykh oshibok elektronnykh takheometrov // Geodeziya i kartografiya. – 2011, № 4. – S. 16-18.

15. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. Issledovaniya vliyaniya vnetsentrennosti alidady elektronnykh takheometrov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotosemka. – 2015, № 6. – S. 18-23.

16. Zheltko Ch.N., Pastukhov M.A., Gura D.A., Shevchenko G.G. Otsenka pogreshnosti izmereniya gorizontalnykh uglov pri geodezicheskom soprovozhdenii vysotnogo stroitelstva // V sbornike: Regionalnye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitelstva, zemleustroystva i kadastr v nachale III tysyacheletiya. Nauchnye chteniya pamyati professora V.B. Fedosenko. – 2015. – S. 389-394.

17. Gura D.A. Razrabotka metodov issledovaniya elektronnykh takheometrov v usloviyakh proizvodstva dlya otsenki i povysheniya tochnosti izmereniya gorizontalnykh uglov // Avtoreferat diss... kand.tekhn.nauk., 25.00.32 / Moskovskiy gosudarstvennyy universitet geodezii i kartografii. – M., 2016. spets 24 s.

*CERTAIN ERRORS SURVEY
DEVICES FOR IRREGULARLY SHAPED TRUNNION
BENT AND THE SIDE OF THE TELESCOPE*

M.A. PASTUKHOV, V.V. DENISENKO, D.A. GURA, G.G. SHEVCHENKO

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: denvivi@yandex.ru, gda-kuban@mail.ru*

It is noted that at the present stage of development of construction is increasing the number of high-rise buildings erected. With the development of high-rise construction increased demands on the accuracy of geodetic measurements performed geodetic instruments (theodolites, total stations, etc.). When measuring the horizontal angle between two points located at different heights in geodetic instruments may occur errors due to incorrect form pivots and lateral flexure of the telescope, which should be taken into account in the results of geodetic measurements. Known methods for determining the error of surveying instruments for irregularly shaped pins and lateral flexure of the telescope are not widely used because they have a number of significant drawbacks. At the Department of Cadastre and geoengineering Kuban State University of Technology developed a method of determining the accuracy of geodetic instruments for the incorrect form of pins and lateral flexure of the telescope, devoid of the disadvantages of known methods. The description of the method and the improvements that provides a method.

Key words: Total Station, theodolite, measurement error, a pin, a telescope, a horizontal axis, geodetic support construction.