

Контроль вертикальности сооружений башенного типа

Ю.И. Пимишин¹, Г.А. Науменко², И.В. Корженевская²

¹Волгодонский инженерно-технический институт филиал Национального
исследовательского ядерного университета

²Донской государственной технической университет

Аннотация: В статье предложена разработанная и реализованная методика контроля вертикальности вышек сотовой связи, позволяющая определить крены вышек связи методом вертикального проецирования наклонным визирным лучом теодолита, определять полный крен и его направление.

Ключевые слова: вышка сотовой связи, проекция, крен, продольный профиль, измерение, вычисление.

Развитие сотовой связи в стране предполагает максимально возможное покрытие территории страны с заданной плотностью сетью вышек (РД 45.162-2001 «Комплексы сетей сотовой и спутниковой подвижной связи общего пользования»; Инструкция по эксплуатации антенных сооружений радиорелейных линий связи. Утверждена Министерством связи СССР 14 января 1980 г. – М.: Государственный Союзный Проектный Институт, 1980). На сегодняшний день эта глобальная задача достаточно успешно решается. В соответствии с этим увеличивается объем работ по контролю технического состояния данных эксплуатируемых сооружений башенного типа [1]. Эту задачу решают множество организаций, имеющих разную инструментально-техническую базу (МДС 11-19.2009 «Временные рекомендации по организации технологии геодезического обеспечения качества строительства многофункциональных высотных зданий») [2-7]. И сегодня не редки предприятия, у которых используются для решения этих задач оптические нивелиры, теодолиты, механические рулетки, в лучшем случае из электронных приборов, имеют лазерные рулетки. Следует отметить, что порой это является необходимым и достаточным оснащением предприятий связи. Имея современные, обоснованные технологии, контроль

вертикальности с использованием оптико-механических приборов реализуется эффективно с достаточной точностью.

Известны способы определения вертикальности вышек связи, имеющих правильные геометрические формы (например, равнобедренный треугольник или квадрат) в горизонтальных сечениях, путем вертикального проектирования наклонным лучом теодолита. Данные способы основаны на проецировании верхнего сечения башни на нижнее, по параметрам проекций определяются линейно-угловые параметры крена башни [1-4]. При исследовании описанного варианта определения крена обратили внимание на то, что на точность определения искомых параметров оказывает влияние не перпендикулярная установка инструмента к плоскости контроля. Такой же вывод сделан в работе [8], однако в ней не приведена методика установки инструмента в данное положение, а лишь предложено «...при необходимости положение теодолита корректировать...» для установки его в это положение. Совершенствуя известный способ вертикального проектирования, предложили следующее. В предлагаемом варианте вначале инструмент устанавливают по направлению приближённо перпендикулярному проектной плоскости, см.рис.1, примерно на расстоянии полутора или двух высот вышки от нее. Соответствующую сторону нижнего сечения вышки делят пополам и маркируют центральное положение, например, краской. Выполняют измерения горизонтальных углов на опоры вышки и центральную метку. При этом наведение на каждую из опор выполняют последовательно на правую и левую их образующие, за итоговое направление принимают среднее значение из отчетов, взятых на две образующие каждой из опор. Величину смещения точки стояния теодолита с перпендикулярного направления вычисляется по формулам:

$$\operatorname{tg}(\Delta) = \frac{l_2 \cdot \operatorname{ctg}(\beta_2) - l_1 \cdot \operatorname{ctg}(\beta_1)}{l_2 + l_1}, \quad (1)$$

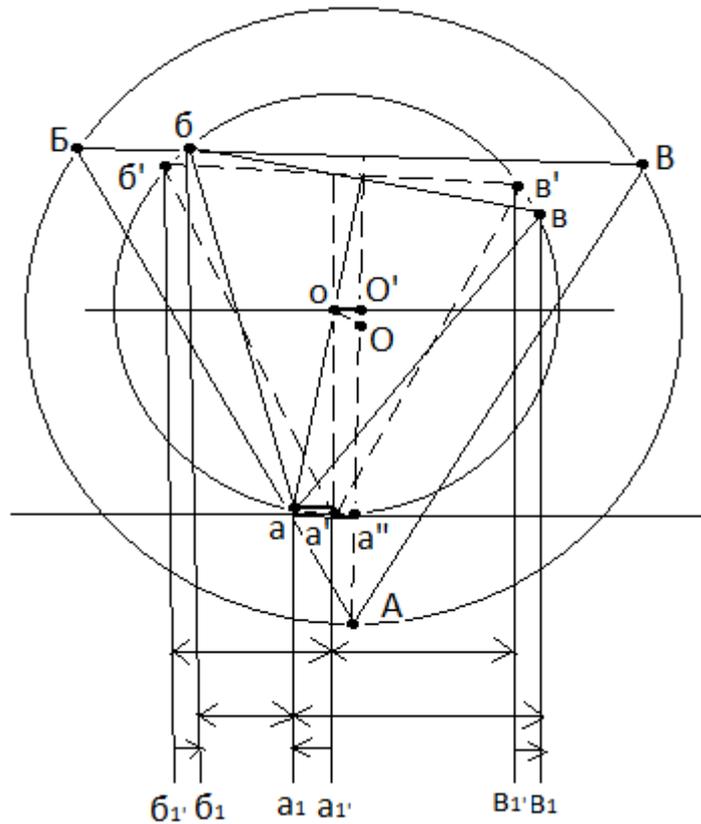


Рис.2. – Схема измерений на нижнее и верхнее сечение вышки

определяют малые углы $\angle b_2a = \gamma_1$, $\angle a_2b = \gamma_2$ по направлениям на опоры верхнего сечения вышки. По вычисленным углам и расстоянию от инструмента и до центра описанной окружности нижнего сечения вышки, вычисляют проекции линейных величин ab и av на плоскость проекции $b'v'$.

$$l_{(a_1, b_1)} = (S' \pm R) \cdot (\gamma_1 / \rho); \quad l_{(a_1, B_1)} = (S' \pm R) \cdot (\gamma_2 / \rho),$$

где $R = \frac{l_{(BB)}}{\sqrt{3}}$; $\rho = 206265''$.

Отметим, что если станция 2 стояния теодолита расположена со стороны треугольника, то радиус имеет знак (+), если со стороны его вершины, то радиус имеет знак (-). Далее сравнивают вычисленные значения, при этом, если $l_{(a_1, b_1)} = l_{(a_1, B_1)}$ то отсутствует разворот верхнего сечения относительно его центра и нижнего сечения, в случае $l_{(a_1, b_1)} \neq l_{(a_1, B_1)}$, то имеется разворот верхнего сечения относительно его центра и нижнего сечения. В этом случае угол разворота $\Delta\alpha$ вычисляется

$$\Delta\alpha = \arcsin\left(\frac{l_{\sigma} - l_B}{l_{\sigma B}}\right),$$

где $l_{\sigma} = \sqrt{l_{a\sigma}^2 - l_{(a_1, \sigma_1)}^2}$; $l_B = \sqrt{l_{aB}^2 - l_{(a_1, B_1)}^2}$.

По углу разворота $\Delta\alpha$ вычисляется поправка в линейную величину крена, определенного по данной стороне:

$$m_{a-a'} = r \cdot \left(\frac{\Delta\alpha}{\rho}\right),$$

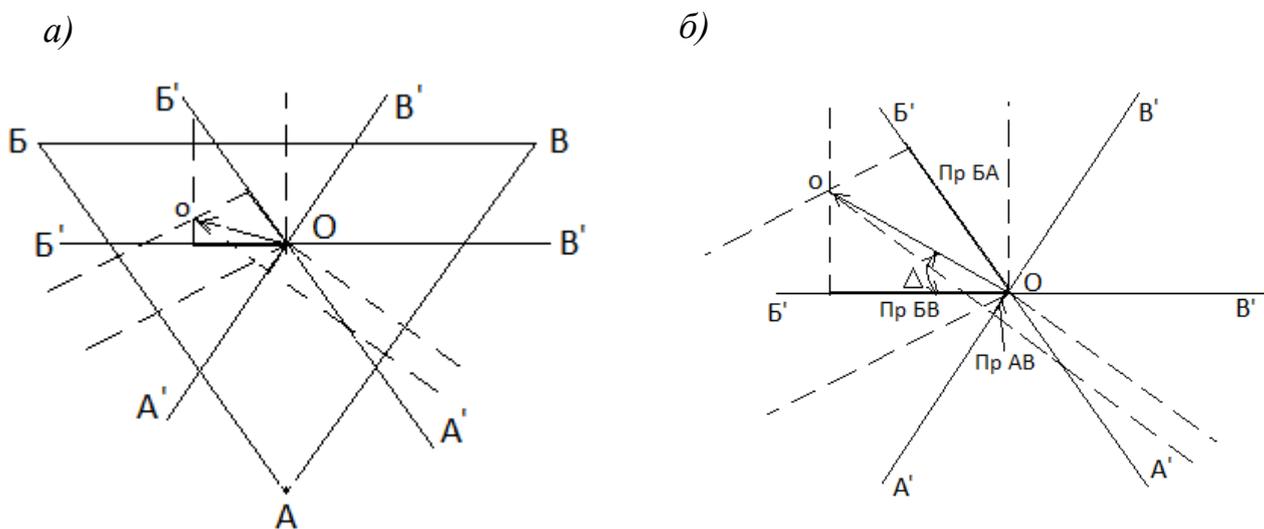


Рис.3. – Проекций крена башни на плоскости параллельные ее сторонам:
 а) схема контроля крена башни; б) схема проекций крена башни на плоскости, проходящие через центр описанной окружности и параллельных сторонам треугольника.

где $r = \frac{l_{(a\sigma)}}{\sqrt{3}}$.

Далее вычисляют значение линейной величины не вертикальности башни по данной стороне, см. рис.2, рис.3, а, б.

$$Пр_{BB} = l_{(a', a'')} = (S' \pm R) \cdot (\gamma_a / \rho) - m_{a-a'},$$

где $\angle a_2A = \gamma_a$.

Выполнив описанные работы по всем сторонам башни, получают по каждой стороне линейную величину проекции крена ($Пр_{BB}$, $Пр_{BA}$, $Пр_{AB}$) на плоскость проекции данной стороны треугольника см. рис.3, б. Для вычисления общей линейной величины крена Q и угла Δ' его ориентирования примем одну из сторон, например BB , координатной линией, например Y , ось ей перпендикулярная, проведенная из точки O , будет в этом случае осью X .

При этом будем иметь ввиду, что горизонтальное сечение башни образует равносторонний треугольник, следовательно, учитывая свойства равностороннего треугольника, величины Q и Δ' будут вычислены:

$$tg(\Delta') = \frac{2 \cdot Пр_{BA}}{\sqrt{3} \cdot Пр_{BB}} - \sqrt{3},$$

$$Q = \frac{Пр_{BB}}{\cos(\Delta')}.$$

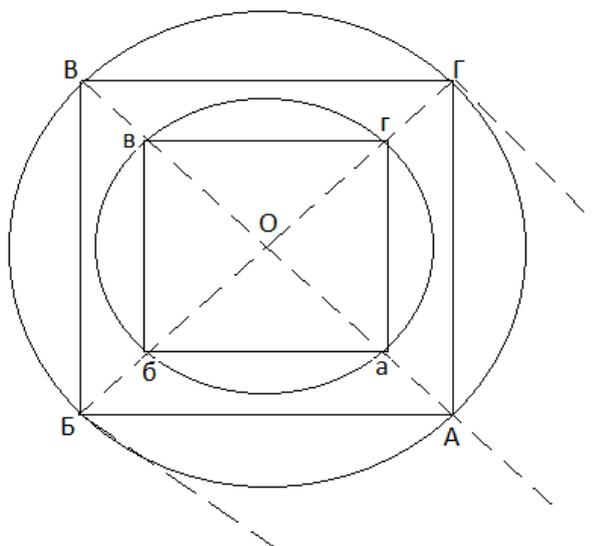


Рис.4. – Схема контроля башни, имеющей в горизонтальном сечении форму квадрата

Методика контроля вертикальности вышек, имеющих в горизонтальном сечении форму квадрата, соответствует описанной с особенностями, заключающимися в следующем, см. рис.4. Инструмент

устанавливается по створу, двух диагонально расположенных опор [9], [10]. Измерения выполняются на три видимые опоры. Радиусы описанных окружностей вычисляются

$$R = l_{AB} \cdot \sqrt{2};$$

$$r = l_{a\bar{b}} \cdot \sqrt{2}.$$

Затем вычисляют проекции Pr_{BG} , Pr_{BA} , которые являются составляющими линейной величины общего крена Q и угла его ориентирования Δ' в системе координат, совпадающей с диагоналями вышки. Значения Q и Δ' вычисляются по известным формулам прямоугольного треугольника.

Таким образом, предложенная технология обеспечивает определение параметров вышек связи, имеющих в горизонтальном сечении формы треугольника и квадрата, их скручивание и крены на основе использования точных оптических теодолитов и механических или электронных рулеток.

Литература

1. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами /Центр. н.-и. и проект.-эксперим. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1981. - 56 с.
2. Бикташев М. Д. Башенные сооружения: геодезический анализ осадки, крена и общей устойчивости положения. – М.: АСВ, 2006. – 376 с.
3. Столбов И. А. Об определении кренов сооружений // Геодезия и картография. – 1988. – № 3. – С. 35–36.
4. Андрусенко Ю.В. Усовершенствованный метод наклонного проектирования при определении кренов высотных зданий // Сборник трудов МГСУ (МИСИ). - М., 2006. – С.52-56.
5. Пимшин Ю.И., Науменко Г.А., Арсеньев Д.М. Анализ геодезических



- методов контроля геометрических параметров технологического оборудования // Инженерный вестник Дона, 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2742
6. Пимшин Ю.И., Науменко Г.А., Корженевская И.В. Контроль вертикальности инженерных объектов // Инженерный вестник Дона, 2016, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3566
7. Михайлов В. И., Кононович С. И., Чиберкус Ю. Н. Экспериментальные измерения крена башенных сооружений электронным тахеометром // Наука и техника. - 2015. - №2. - С. 42-47.
8. Шеховцов Г.А., Шеховцова Р.П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений - Н.Новгород: ННГАСУ, 2009. – С.46-53.
9. Malet J. P., Maquaire O., Calais E. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France) // Geomorphology. – 2002. – V. 43. – №. 1. – pp. 33-54.
10. Schneider D. Terrestrial laser scanning for area based deformation analysis of towers and water dams // Proc. of 3rd IAG/12th FIG Symp., Baden, Austria, May. – 2006. – pp. 22-24.

References

1. Rukovodstvo po opredeleniju krenov inzhenernyh sooruzhenij bashennogo tipa geodezicheskimi metodami [The guide determine rolls of the engineering tower buildings geodetic methods]. Centr. n.-i. i proekt.-jeksperim. in-t organizacii, mehanizacii i tehn. pomoshhi str-vu Gosstroja SSSR. M.: Strojizdat, 1981. 56 p.
 2. Biktashev M. D. Bashennye sooruzhenija: geodezicheskij analiz osadki, krena i obshhej ustojchivosti polozhenija [Towers: geodetic analysis of subsidence, roll and overall stability of the position]. M.: ASV, 2006. 376 p.
 3. Stolbov I. A. Geodezija i kartografija. 1988. № 3. pp. 35–36.
-



4. Andrusenko Ju.V. Usovershenstvovannyj metod naklonnogo proektirovanija pri opredelenii krenov vysotnyh zdaniy [An improved method for oblique projection when determining the inclination of high-rise buildings]. Sbornik trudov MGSU (MISI). M., 2006. pp.52-56.
5. Pimshin Ju.I., Naumenko G.A., Arsen'ev D.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2742
6. Pimshin Ju.I., Naumenko G.A., Korzhenevskaja I.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3566
7. Mihajlov V. I., Kononovich S. I., Chiberkus Ju. N. Nauka i tehnika. 2015. №2. pp. 42-47.
8. Shehovcov G.A., Shehovcova R.P. Sovremennye geodezicheskie metody opredelenija deformacij inženernyh sooruzhenij [Modern geodetic methods for the determination of deformations in engineering structures]. N.Novgorod: NNGASU, 2009. pp.46-53.
9. Malet J. P., Maquaire O., Calais E. Geomorphology. 2002. V. 43. №. 1. pp. 33-54.
10. Schneider D. Proc. of 3rd IAG.12th FIG Symp. Baden, Austria, May. 2006. pp. 22-24.