

Контроль вертикальности инженерных объектов

Ю.И. Пимиин¹, Г.А. Науменко², И.В. Корженевская²

¹Волгодонский инженерно-технический институт филиал Национального
исследовательского ядерного университета

²Ростовский государственный строительный университет

Аннотация: В статье предложена разработанная и реализованная методика контроля вертикальности вышек сотовой связи, позволяющая одновременно определить профили оси вышки связи по координатным плоскостям XAZ и YAZ согласно принятых горизонтов, иметь ее частные и полный крены, определить углы скручивания по заданным сечениям.

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

Одним из развивающихся направлений технической диагностики инженерных объектов является обследование сооружений башенного типа. К таким объектам принято относить многоэтажные и высотные здания, градирни, дымовые трубы, вышки сотовой связи, телевизионные башни, силоса элеваторов т.д. и т.п. Исследуются известные и разрабатываются новые методы и методики контроля, которые базируются на возможностях современных приборов [1-10].

К сожалению, в развивающемся научном поиске нередко возникают некоторые недоразумения. Отдельные специалисты не считают нужным выполнять научный поиск по известной патентной и научно-технической литературе для оценки новизны публикуемых ими в открытой печати идей. Так, например, в [1] описана методика диагностики вертикальности высотных зданий с использованием совместного фотографирования вертикально ориентированных референтных направлений, которыми могут являться, например, троса башенных строительных кранов, и исследуемых объектов. Однако более совершенная идея использования фотографирования отвесов при контроле вертикальности объектов приведена в [2]. При этом публикация [2] опубликована на тридцать лет ранее [1], поэтому без ссылки на предшествующую публикацию работа 2014 года некорректна. Далее в

опубликованных материалах [3] приведена методика одностороннего определения вертикальности, например, дымовых труб. Где в период контроля выполняют координирование n точек в каждом из некоторых горизонтальных сечений безотражательным тахеометром. При обработке измерительной информации вычисляют координаты описанной окружности в каждом горизонтальном сечении по возможным независимым k комбинациям из трех точек в системе n точек, и за конечное значение координат принимают среднее из всей полученной совокупности k по данному сечению. Однако данный подход контроля радиальности описан в работе [4], а его сравнительное исследование с другими, на тот момент известными вариантами, представлены в статье [5]. При этом работа [3] опубликована более чем на пятнадцать лет позже, без ссылок на ранее опубликованные материалы, что делает ее материалы некорректными в смысле новизны. Таким образом, не все публикации в области исследований методов вертикальности, представленные в изданиях последних лет, являются оригинальными и новыми. Для начинающих исследователей подчеркнем, что это обстоятельство исключается глубоким поиском по научной и патентной литературе и гарантирует не изобретение «велосипеда».

Продолжая изучение вопросов контроля вертикальности и прежде всего вышек сотовой связи (см. рис.1) авторы нашли некоторые рациональные подходы, которые представлены в настоящей работе. Учитывая сущностное содержание известных методик контроля вертикальности по одной стороне сооружения [6], предлагаем отличающуюся от известных и заключающуюся в следующем.



Рис. 1. – Вышка сотовой связи, имеющая односторонний крен

Для контроля вертикальности сооружения над точкой O устанавливают безотражательный тахеометр, рис.2. После приведения его в рабочее положение наводят на правую и левую образующие одной из опор, например, опоры A . Берут отсчеты по горизонтальному кругу, из которых вычисляют среднее, установив средний отсчет на горизонтальном круге, выполняют измерение расстояния в безотражательном режиме. Затем на вторую опору, например, опору B в той же последовательности выполняют аналогичные работы. Далее проводят описанный комплекс измерений по горизонтальным сечениям, расположенным по вертикали сооружения с заданным шагом до верхнего включительно. Обработка результатов измерений осуществляется следующим образом.

Рассмотрим $\triangle OAB$ здесь

$$OA = L_{(OA)} = L_{(OA)изм} + r_{(опоры)};$$

$$OB = L_{(OB)} = L_{(OB)изм} + r_{(опоры)};$$

где $L_{(OA)изм}$, $L_{(OB)изм}$ – измеренные части сторон треугольника $\triangle OAB$,

$r_{(опоры)}$ – радиус трубы опоры.

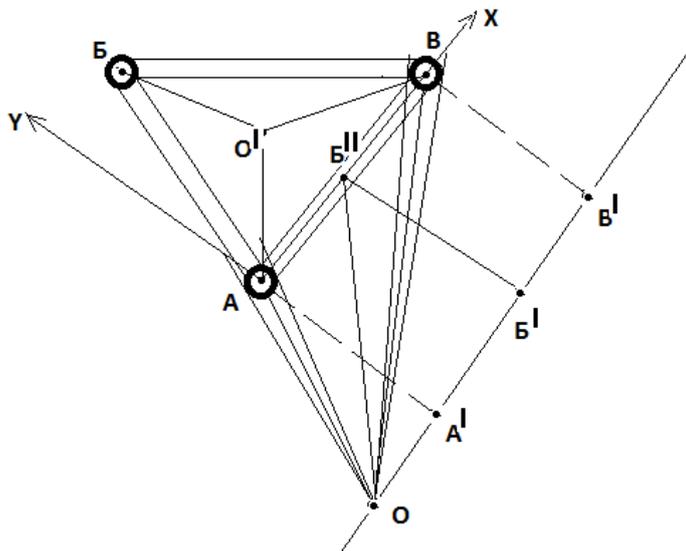


Рис. 2 – Схема нижнего сечения вышки сотовой связи

$$\beta_{изм} = A_{cp} - B_{cp},$$

где A_{cp} , B_{cp} – средние значения отсчетов на опоры A и B ,

$\beta_{изм}$ - угол $\angle AOB$.

Сторона AB (если не приведена в технической документации) определяется из того же треугольника ΔOAB по известной теореме cos ,

$$AB^2 = L^2_{(AB)} = L^2_{(OA)} + L^2_{(OB)} - 2 \cdot L_{(OA)} \cdot L_{(OB)} \cdot \cos(\beta_{изм}).$$

А угол $\angle ABO$

обозначим γ и вычислим по теореме sin ,
$$\sin(\gamma) = \sin(\beta_{изм}) \cdot \left(\frac{L_{(OA)}}{L_{(AB)}} \right).$$

Параллельное направление стороне AB будет сторона OB' , при условии, что $\angle BOB'$ равен γ как угол накрест лежащий от $\angle ABO$. Тогда из $\Delta OOA'$ получим

$$AA' = L_{(AA')} = L_{(OA)} \cdot \sin(\beta_{изм} + \gamma); \quad OA' = L_{(OA')} = L_{(OA)} \cdot \cos(\beta_{изм} + \gamma),$$

а из $\Delta BOB'$ получим $BB' = L_{(BB')} = L_{(OB)} \cdot \sin(\gamma)$ и $OB' = L_{(OB')} = L_{(OB)} \cdot \cos(\gamma)$. Контролем правильности вычислений на этом шаге будут следующие равенства

$L_{(AA')} = L_{(BB')}$ и $L_{(AB)} = L_{(OB')} - L_{(OA')}$. При этом величина отрезка $B''B'$ будет равна $L_{(B''B')} = L_{(AA')} = L_{(BB')}$.

Далее следует отметить то, что в горизонтальном сечении вышки сотовой связи как правило, изготавливаются правильной геометрической формы, то есть либо равнобедренными, либо равносторонними, с симметричным уменьшением площади горизонтального сечения по вертикали снизу вверх. При этом вертикальной осью данной конструкции является линия, в каждом сечении совпадающая с центром описанной окружности геометрической формы горизонтального сечения.

Радиус R_o описанной окружности треугольника ΔABB в общем виде, когда $AB \neq BB \neq AB$ определяется согласно [7]

$$R_o = \frac{L_{(AB)} \cdot L_{(BB)} \cdot L_{(AB)}}{\left[4 \cdot L_{(AB)}^2 \cdot L_{(AB)}^2 - \left(L_{(BB)}^2 - L_{(AB)}^2 - L_{(AB)}^2\right)^2\right]^{1/2}}. \quad (1)$$

Частным случаем формулы (1) будут выражения для вычисления радиуса R_o описанной окружности равнобедренного треугольника при $AB = AB \neq BB$

$$R_o = \frac{L_{(AB)}^2}{\left[4 \cdot L_{(AB)}^2 - L_{(BB)}^2\right]^{1/2}} \quad (2)$$

и равностороннего треугольника при $AB = BB = AB$

$$R_o = \frac{L_{(AB)}}{\sqrt{3}}. \quad (3)$$

При этом примем за координаты вышки связи систему XAY , расположенную в нижнем сечении (см. рис.2). В принятой системе координаты центра окружности X_o, Y_o будут соответствовать $X_o = 0,5 \cdot L_{(AB)}$ и $Y_o = \left[R_o^2 - (0,5 \cdot L_{(AB)})^2\right]^{1/2}$.

Далее рассмотрим обработку результатов измерений на любом сечении, расположенном выше нижнего (начального). При этом отметим, что порядок измерений на текущем сечении полностью соответствует

При этом величина отрезка $B_1''B_1'$ будет определена:

$$L_{(B_1''B_1')} = (L_{(A_1A_1')} + L_{(B_1B_1')})/2. \text{ А величина отрезка } L_{(OB_1')} = (L_{(OA_1')} - L_{(OB_1')})/2.$$

Определив $L_{(B_1''B_1')}$, $L_{(A_1A_1')}$, $L_{(B_1B_1')}$, вычисляют линейный параметр разворота Δ_1 текущего сечения относительно начального (см. рис.3)

$$\Delta_1 = L_{(A_1A_1')} - L_{(B_1B_1')} \quad (4)$$

и в угловой мере $\Delta\alpha = [(\Delta_1 \cdot \rho'')/L_{(A_1B_1)}]$.

В принятой системе координат XAY , расположенной в нижнем сечении, координаты центра текущей окружности X_1 , Y_1 будут соответствовать:

$$X_1 = (L_{(OB_1')} - L_{(OA_1')}) + \sin(\Delta\alpha) \cdot [R_1^2 - (0,5 \cdot L_{(A_1B_1)})^2]^{1/2}$$

и

$$Y_1 = (L_{(B_1''B_1')} - L_{(BB_1')}) + \cos(\Delta\alpha) \cdot [R_1^2 - (0,5 \cdot L_{(A_1B_1)})^2]^{1/2}.$$

По всем следующим сечениям измерительные и вычислительные работы выполняются аналогично. Таким образом, в итоге получаем:

- профили оси вышки связи по координатным плоскостям XAZ и YAZ согласно принятым горизонтам,
- имеем ее частные и полный крены,
- определяем углы скручивания по заданным сечениям.

Литература

1. Шеховцов Г.А., Шеховцова Р.П. Новые способы формирования и использования вертикальных рефератных прямых // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка».- 2014. - №6. – С. 22-27.
2. А.с. № 1483260, G01C 11/02. Фототеодолит// Г.А. Лысков, В.М. Сердюков, А.Н. Дружинин. заявка № 4179895 от 25.11.86., опубли. 30.05.89., бюл.№20.
3. Шеховцов Г.А., Раскаткин Ю.Н., Шульц М.М. Определение положения и радиуса сечений сооружений башенного типа круглой формы



- односторонним координатным способом// Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка».- 2015. - №3. – С. 26-31.
4. Пимшин Ю.И., Литвинова Л.Ф. О контроле геометрии радиального подкранового пути// «Прикладная геодезия», сб. научн. статей - Ростов н/Д: Рост.гос. строй. ун-т., 1999.- Деп.ВИНИТИ 7.04.99, №1058-В99.- С.15-18.
 5. Пимшин Ю.И., Пимшин И.Ю. Исследование методик обработки радиальных поверхностей// «Прикладная геодезия», сб. научн. статей - Ростов н/Д: Рост.гос. строй. ун-т., 2004.- Деп.ВИНИТИ 21.10.2004, №1644-В2004.- С.43-49.
 6. Шеховцов Г.А., Шеховцова Р.П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений - Н.Новгород: ННГАСУ, 2009. – С.46-53.
 7. 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
 8. Забазнов Ю.С., Гайрабеков И.Г., Пимшин Ю.И. Геодезический контроль геометрии выравниваемого здания // Инженерный вестник Дона, 2010, №4 URL: ivdon.ru/uploads/article/doc/articles.250.big_image.doc
 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 damns //Proc. of 3rd IAG/12th FIG Symp., Baden, Austria, May. – 2006. – pp. 22-24.
-

References

1. Shehovcov G.A., Shehovcova R.P. Izv. vuzov «Geodezija i ajerofotos#emka». 2014. №6. P. 22-27.
2. A.s. № 1483260, G01C 11/02. Fototeodolit. G.A. Lyskov, V.M. Serdjukov, A.N. Druzhinin. заявка № 4179895 от 25.11.86., opubl. 30.05.89., bjul.№20.
3. Shehovcov G.A., Raskatkin Ju.N., Shul'c M.M. Izv. vuzov «Geodezija i ajerofotos#emka». 2015. №3. P. 26-31.
4. Pimshin Ju.I., Litvinova L.F. Prikladnaja geodezija. sb. nauchn. Statej. Rostov n/D: Rost.gos. stroj. un-t., 1999. Dep.VINITI 7.04.99, №1058-V99. P.15-18.
5. Pimshin Ju.I., Pimshin I.Ju. Prikladnaja geodezija. sb. nauchn. Statej. Rostov n/D: Rost.gos. stroj. un-t., 2004. Dep.VINITI 21.10.2004, №1644-V2004. P.43-49.
6. Shehovcov G.A., Shehovcova R.P. Sovremennye geodezicheskie metody opredelenija deformacij inzhenernyh sooruzhenij [Modern geodetic methods for the determination of deformations in engineering structures]. N.Novgorod: NNGASU, 2009. pp.46-53.
7. Pimshin Ju.I., Naumenko G.A., Arsen'ev D.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2742
8. Zabaznov Ju.S., Gajrabekov I.G., Pimshin Ju.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010, №4 URL: ivdon.ru/uploads/article/doc/articles.250.big_image.doc
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.