

с последующим фотографированием с близкого расстояния нижнего сечения с проекцией этой точки.

Использованная литература:

1. Раскаткина О. В. Калибровка цифровой камеры по вертикальному базису с целью измерения расстояний // Материалы VII междунар. науч.-практ. конф. «Приоритетные направления развития науки и образования» (Чебоксары, 1 декабря) – Вып. 4(7). – 2015. – С. 216-222

2. Уставич Г.А., Пошивайло Я.Г. О применении неметрических цифровых камер для инженерно-геодезических измерений // Геодезия и картография. – 2005. – №8. – С. 19–24.

3. Шеховцов Г. А., Шеховцова Р. П. Новые способы формирования и использования вертикальных референтных прямых // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – № 6. – 2014. – С. 22-27.

4. Шеховцов Г. А., Шеховцова Р. П. Геодезические работы при экспертизе промышленной безопасности зданий и сооружений Нижний Новгород: изд. ННГАСУ, – 2014. – 176 с.

5. Шеховцов Г.А., Шеховцова Р.П., Раскаткин Ю.Н. О методике и результатах калибровки фотокамер с целью измерения расстояний // Геодезия и картография. – 2016. – Т. 77. – №2. – С. 46–53.

*Солдатов Дмитрий,*

*Научный руководитель: Васюхник Цырма Нанзатовна.*

*ГБПОУ «Бурятский аграрный колледж имени М.Н.Ербанова»*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БАШЕН СОТОВОЙ СВЯЗИ**

Башни связи представляют собой специализированные трех и четырехгранные конструкции из металла, на которых размещается различное оборудование и антенно-фидерные устройства для организации различных видов связи и вещания. В башенных сооружениях, обладающих повышенной чувствительностью к деформациям грунтов основания, крен является одним из важных показателей общей деформации сооружения. К возникновению крена могут привести такие факторы, как изменение гидрогеологии несущих грунтов, тектонические и техногенные процессы и другие.

Крен – это отклонение вертикальной оси сооружения от отвесной линии. Существенное влияние на величину и направление крена оказывают ветровые нагрузки и односторонний солнечный нагрев, в результате чего верх сооружения совершает амплитудно-частотные колебания [1]. Определение крена башен связи производится в основном геодезическими методами. Для определения крена башенных сооружений применяют следующие методы [2]

горизонтальных углов и направлений; вертикальных углов и зенитных расстояний; вертикального проектирования; координат; нивелирования пикетных марок. Современные тенденции оценки деформационного состояния высотных сооружений – это создание автоматизированного, постоянно действующего мониторинга с использованием высокоточных систем космического позиционирования, роботизированных электронных тахеометров, высокоточных инклинометров, с точностью измерения угла наклона 0,09 с.

Автоматизированная система деформационного мониторинга требует значительных временных и материальных затрат, специального обучения специалистов, поэтому не утратили своей актуальности и более простые способы, критерии оценки деформационного состояния сооружений.

Существует более десяти традиционных способов определения крена сооружений. Они являются весьма трудоемкими и не обеспечивают оперативность и точность измерений. Самый распространённый – определение отклонения башни по результатам наблюдений не менее чем с трёх или четырёх исходных пунктов, между которыми необходима взаимная видимость. После обработки всех измерений получают отклонение башни от вертикали.

В нашем случае мы рассмотрим возможность более качественного и эффективного отслеживания кренов сооружений башенного типа на основе современных измерительных и вычислительных средств. Мы опишем метод определения крена антенных башен радиорелейной и сотовой связи, основанный на использовании электронного тахеометра и применении полученных данных для анализа геометрических параметров инженерного сооружения. Покажем преимущество использования современных электронных тахеометров для решения подобных задач.

Башни связи представляют собой решетчатые башни, в основном бывают треугольной и четырехугольной формы. Рассмотрим методику с применением электронного тахеометра на примере реализации предлагаемого способа приведем результаты, полученные при измерении металлической башни сотовой связи (рис. 1).

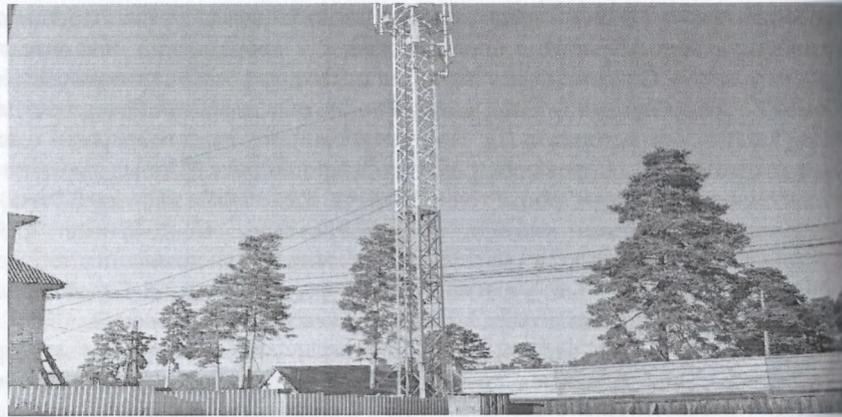


Рис. 1 Металлическая башня связи треугольного сечения

В большинстве тахеометров есть функция «измерение со смещением», используемая для определения местоположения точки, на которой невозможно установить отражатель, либо для определения расстояния и угла на точку, на которую нельзя непосредственно навестись. Положение измеряемой точки (в нашем случае – центра сечения) можно определить, введя горизонтальное проложение между измеряемой и смещенной точками (радиус сечения трубы). После выполнения этих процедур тахеометр будет вычислять и записывать в память. При проектировании башенных сооружений практически всегда в сечении находится правильная фигура. Так как все расчеты на прочность, устойчивость и воздействие нагрузок всегда относят к оси, проходящей через центры тяжести фигур, полученных в сечениях на различных уровнях, то и все расчеты по определению крена и деформаций ствола башен связи будем относить к этой оси. Тогда для определения координат центра сечения необходимо знать координаты его вершин [3].

В нашем случае за центр тяжести плоской однородной фигуры примем центр треугольника, который получается в точке пересечения его медиан.

Из элементарной геометрии известно, что координаты центра тяжести треугольника равны среднему арифметическому координат его вершин.

Таким образом, координаты центра тяжести треугольника находятся по формулам [4]:

$$x_0 = \frac{x_1+x_2+x_3}{3} \quad y_0 = \frac{y_1+y_2+y_3}{3}$$

В случае если несущие элементы башни имеют в сечении окружность (рис. 1, б), для определения координат вершин треугольного сечения предлагаем следующую методику наблюдений:

- приведем тахеометр в рабочее положение, визируем и берем отсчеты по горизонтальному кругу на левую и правую образующие стойки башни в взаимном сечении;
- вычисляем среднее значение, которое устанавливаем на дисплее поворачивая винтом горизонтального круга тахеометра;
- измеряем расстояние до точки  $O'$  и, прибавив к нему радиус трубы, определяем координаты центра трубы  $O$  (рис. 2, б).

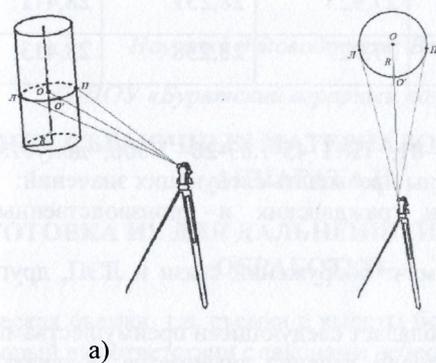


Рис. 2. Схема наблюдения поясов металлической башни

Степень соблюдения вертикальности башенного сооружения определяется положением в пространстве его главной оси. Только совместное определение наклона и кривизны может дать полную и достоверную информацию о положении в пространстве главной оси сооружения. Для решения этой задачи необходимо, прежде всего, наряду с верхней и нижней точками наблюдать также и промежуточные точки главной оси.

Апробация предлагаемой методики наблюдений была выполнена на примере башни связи треугольной формы высотой 12 м (см. рис. 1), опорные элементы которой представляют собой металлические трубы. В качестве промежуточных были выбраны сечения на высотах 4, 8, и 12 метров.

В большинстве тахеометров есть функция «измерение со смещением», используемая для определения местоположения точки, на которой невозможно установить отражатель, либо для определения расстояния и угла на точку, на которую нельзя непосредственно навестись. Положение измеряемой точки (в нашем случае – центра сечения) можно определить, введя горизонтальное положение между измеряемой и смещенной точками (радиус сечения трубы). После выполнения этих процедур тахеометр будет вычислять и записывать в память координаты центра сечения трубы.

В результате выполненных измерений были получены координаты вершин сечений башни, определённые с одной станций (табл. 1).

Таблица 1

Номер точки	Высота сечения	Координаты x1 м.	Координаты x2 м.	Координаты x3 м.	Координаты центра башни м.	Смещение мм
1	0	29,063	27,913	28,234	28,403	0
2	4	29,068	27,923	28,235	28,409	6
3	8	29,072	27,925	28,237	28,411	11
4	12	29,074	27,927	28,238	28,413	10

Согласно ГОСТ 24846–81, ТКП 45-1.03-26– 2006, допустимые ошибки определения осадок не должны превышать следующих значений:

- 0,0001 высоты стен гражданских и производственных сооружений;
- 0,0005 высоты труб, мачт сооружений связи и ЛЭП, других сооружений [5].

Предлагаемый способ обладает следующими преимуществами:

- позволяет с одной точки стояния тахеометра получать данные определения величины и направления крена башенных сооружений;
- не требует предварительной закладки и последующей установки опорных геодезических пунктов (базисов);
- применим для различной конфигурации башенных сооружений (цилиндрических, конических, треугольных и др.);
- позволяет оперативно выполнять натурные измерения и получать окончательные результаты в автоматизированном режиме программного комплекса.
- предложенная методика позволяет определять крен с точностью в 0,001H высоты башенного сооружения, например, 12 мм башни высотой 12 м;

Литература:

1. Интулов, И.П. Инженерная геодезия в строительном производстве: учебное пособие для вузов / И.П. Интулов. – Воронеж: Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т, 2004. – 329 с.
2. Шеховцов, Г.А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: моногр. / Г.А. Шеховцов. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2009. – 156 с.

1. Желтко, Ч.Н. Измерения геометрии высоких стальных трёхгранных конструкций / Ч.Н. Желтко // Изв. высш. учеб. заведений. Геодезия и фотограмметрия. – М., 2010. – № 6. – С. 13–19.
2. Лесных, Н.Б. Теория математической обработки геодезических измерений / Н.Б. Лесных. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 43 с.
3. Стальные конструкции. Правила монтажа Стальные конструкции. Правила монтажа: ТКП 45-5.04-41-2006 (02250). – Введ. 01.07.07 (с отменой от 10.01.2007). – Минск: М-во архит. и стр-ва, 2007. – 40 с.

*Михайлов Артем,*

*Научный руководитель: Васюхник Цырма Нанзатовна,*

*ГБПОУ «Бурятский аграрный колледж имени М.Н.Ербанова»*

## **ПОЛУЧЕНИЕ СЪЕМОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА И**

### **ПОДГОТОВКА ИХ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.**

Космическая съёмка, т.е. съёмка с высоты более 150 км, выполняется с аппаратов, который в соответствии с законами небесной механики перемещается по стабильной орбите. Поэтому возможности его маневрирования по орбите самолётом весьма ограничены. Любой спутник-съёмщик всегда проектируется с учетом параметров его орбиты.

По характеру покрытия земной поверхности космическими снимками различают панорамное фотографирование, маршрутную, прицельную и точечную съёмки.

Панорамное (выборочное) фотографирование выполняется космонавтами с космического аппарата. Снимки получаются перспективными со значительными искажениями.

Маршрутная съёмка земной поверхности производится вдоль трассы полёта аппарата. Ширина полосы съёмки зависит от высоты полёта и угла обзора оптической системы. Для увеличения полосы обзора практикуют поперечную съёмку – поперек направления полёта двумя или тремя съёмочными аппаратами с заданным разрешением.

Прицельная (выборочная) съёмка предназначена для получения 13 заданных участков земной поверхности в стороне от трассы полёта.

Точечную съёмку производят с геостационарных и полярно-орбитальных спутников. Четыре-пять геостационарных спутников на одной орбите обеспечивают практически непрерывное получение обзорных снимков всей Земли (космическое