

Таким образом, внедрение новой техники кардинальным образом меняет труд маркшейдера: увеличивает производительность и повышает качество выполняемых работ, ускоряет процесс обработки тахеометрических съёмки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков, А.С. Полевая геоинформатика. Применение современных геодезических приборов и программных средств для создания и ведения ГИС / А.С. Жуков // САПР и графика. - М., 2002. - № 3.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ: РД 07-603-03. - М., 2003.
3. Программный комплекс CREDO: справ, пособие. - Минск, 2003. - Т. 7,13.
4. Пояснительная записка к проекту по карьере «Хотиславский», 1 очередь / ОАО «Белгорхимпром. - Минск, 2005.

### **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Хадарович Л.В.  
(ПРУП «Геосервис», Минск)**

*Рассматривается геодезический контроль, который требуется осуществлять по завершении строительства большинства сложных инженерных сооружений - периодически выполнять пространственный геодезический мониторинг состояния конструкции по отношению к проектной (в идеальном случае) либо по отношению к первому циклу измерений после окончания строительства объекта.*

Определяется техническое состояние вытяжной башни градирни № 1 Минской ТЭЦ-3. При этом ПРУП «Геосервис» были выполнены следующие виды работ: определение отклонения оси ствола вытяжной башни градирни от вертикальной оси (крена башни); проверка вертикальности осей граней градирни; определение осадки градирни (этот вид работы в данной статье рассматриваться не будет).

**Теоретическая часть выполнения пространственного геодезического мониторинга состояния конструкции вытяжная башни градирни.** Определение крена эксплуатируемого башенного сооружения, осуществляется одним из основных способов: координат, горизонтальных углов (направлений), малых углов, вертикального проектирования.

Эти способы в современной практике получили наибольшее распространение, так как наиболее доступные и обеспечивающие достаточную точность и надежность определения крена.

Наиболее универсальным и строгим из них является способ координат. Данный способ благодаря высокоточным приборам в настоящее время является наиболее эффективным.

Оба способа одинаковы по составу измерений и основаны на принципе измерения или проектирования направлений «пункт наблюдения - центр верхнего или нижнего пояса сооружения», образующих прямую угловую засечку.



**Рис. 1. Вытяжная башня градирни № 1**

*Способ координат.* Вокруг сооружения на расстоянии, равном 2-3 высоты сооружения, прокладывают замкнутый полигонометрический ход (пункты закрепляют постоянными знаками) или используют пункты опорной сети, созданной в период строительства. Способ координат можно использовать для точных систематических определений крена башен значительной высоты.

*Способ горизонтальных углов (направлений)* состоит в определении абсолютного крена в первом цикле и приращений крена в последующих циклах по результатам измерения горизонтальных направлений на центры верхнего среднего и нижнего среднего сечений в первом цикле и на центр только верхнего среднего сечения в последующих циклах (направления образуют прямую засечку). Способ горизонтальных углов целесообразно применять для высокоточных систематических наблюдений за приращениями кренов. При определении крена труб способом горизонтальных углов предполагается исключение искажений результатов измерений из-за неправильной геометрической формы трубы путем наблюдений с нескольких точек.

*Способ малых углов* можно использовать для разовых определений полных кренов труб. Этот способ не требует построения специальной геодезической сети. Вычисление кренов выполняется по формулам способа горизонтальных углов. В этом случае направление полного крена обычно определяют по магнитным азимутам засечек или графически. Оценка точности производится также по формулам способа горизонтальных углов.

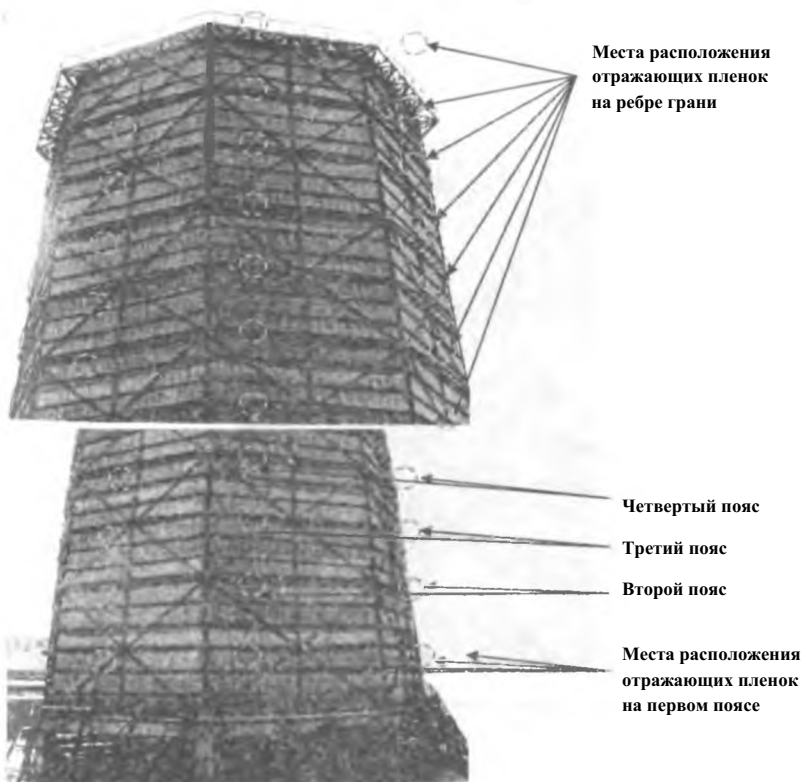
*Способ вертикального проектирования.* Практика применения этого способа показывает, что при его использовании можно обеспечить получение достаточно точных результатов.

В связи с широким развитием светодальномерной техники измерений длин линий в практику инженерно-геодезических работ все больше внедряются линейно-угловые построения. Вокруг градирни № 1 пространство стеснено административными зданиями, градирней № 2, эстакадами инженерных коммуникаций, на всей территории ТЭЦ проводятся масштабные строительные работы.

Нами было принято решение выполнять пространственный геодезический мониторинг состояния конструкции *линейно-угловыми построениями*, или *методом пространственного координирования*.

Суть заключается в следующем: производится координирование точек пересечения ребер граней с их поясами (рис. 2) с точек опорной сети, а именно полярным способом измеряются все углы и все стороны в

безотражательном режиме на закрепленную с перекрестием отражающую пленку (рис. 3).



**Рис. 2. Места расположения отражающих пленок с перекрестиями для визирования на вытяжной башне градирни Ks 1**

В качестве опорной сети использовалась вновь созданная сеть линейно-углового вида (рис. 4), закрепленная долговременными знаками, обеспечивающими их сохранность. По сравнению с триангуляцией и трилатерацией сеть, в которой сочетаются угловые и линейные измерения, является более жесткой и в значительно меньшей степени зависящей от геометрической конфигурации. Уравнивание линейно-угловых сетей приводит к повышению точности элементов сети, если соотношение ошибок угловых и линейных измерений лежит в пределах.

Все измерения производились полным приемом, освидетельствованным электронным тахеометром Nikon DTM-652, паспортная угловая ошибка которого составляет - 1", а линейная - (2 + 2 ppm). При этом имеет место соотношение:

$$\frac{1}{3} < \frac{m_p}{m_s} < 3. \quad (1)$$



Рис. 3. Отражающая пленка с перекрестием для визирования на вытяжной башне градирни № 1

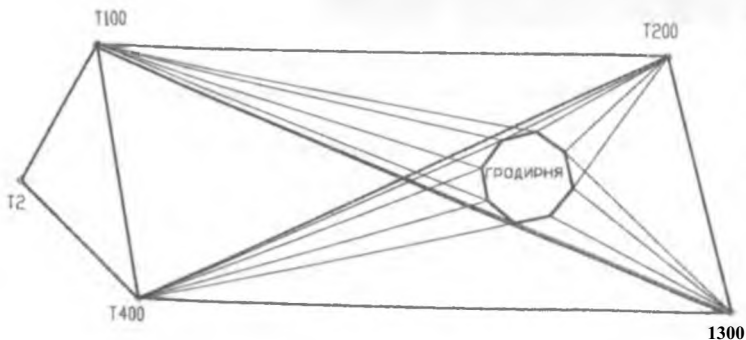


Рис. 4. Опорная линейно-угловая сеть

Закреплялись по восемь отражающих пленок на девяти поясах, всего 72 точки. Закрепление марок производилось силами заказчика за один рабочий день, зачищалась поверхность конструкции в нужных местах и приклеивались заранее изготовленные (5\*5 см) отражающие марки. Марки остаются на постоянное время.

При камеральной обработке полевых измерений на ПЭВМ по программе «CREDO» производилось уравнивание опорной линейно-угловой сети и вычисление пространственных координат точек. В дальнейшем вычислены пространственные координаты и высоты намеченных точек градирии.

### Практическая часть

**Результаты, полученные по результатам трех циклов наблюдений.** Отклонения осей граней от вертикальных плоскостей вычислены с помощью координат центров нижнего и верхнего основания граней и представлены в таблицах 1 - 3.

Таблица 1

Отклонения оси грани от вертикальной плоскости в первом цикле

Поясы	1 цикл		
	Расстояние между поясами S (м)	Угол отклонения от вертикали (град, мин с)	Отклонения оси грани от вертикальной плоскости (м)
грань № 1			
бет.-8 п.	3,040	1°40'24,28"	0,089
бет.-9 п.	2,186	6°54' 19,39"	0,262
грань № 2			
бет.-8 п.	2,718	6°03'27,99"	0,286
бет.-9 п.	1,846	1°25'1 1,48"	0,366
грань № 3			
бет.-8 п.	2,970	3°01'06,30"	0,156
бет.-9 п.	2,012	4°59'53,03"	0,175
грань № 4			
бет.-8 п.	2,881	-0°54'15,93"	-0,046
бет.-9 п.	1,923	0°21'01,71"	0,012
грань № 5			
бет.-8 п.	2,613	0°00'46,69"	0,001
бет.-9 п.	1,687	0° 11'20,82"	0,006
грань № 6			
бет.-8 п.	2,903	5°35'14,75"	0,283
бет.-9 п.	1,955	7°31'19,58"	0,255
грань № 7			
бет.-8 п.	2,688	-0°49'24,68"	-0,039
бет.-9 п.	1,672	-0°15'30,98"	-0,008
грань № 8			
бет.-8 п.	2,864	10°49'59,71"	0,538
бет.-9 п.	1,995	22°11'14,57"	0,753

Таблица 2

## Отклонения оси грани от вертикальной плоскости во втором цикле

Поясы	2 цикл		
	Расстояние между поясами S (м)	Угол отклонения от вертикали (град, мин с)	Отклонения оси грани от вертикальной плоскости (м)
грань № 1			
бет.-8 п.	3,034	1°31'42,48"	0,081
бет.-9 п.	2,173	6°49'56,30"	0,258
грань № 2			
бет.-8 п.	2,714	5°59'50,65"	0,284
бет.-9 п.	1,836	11°21'12,46"	0,361
грань № 3			
бет.-8 п.	2,965	3°02'35,85"	0,157
бет.-9 п.	1,999	5°04'12,60"	0,177
грань № 4			
бет.-8 п.	2,877	-0°51'36,87"	-0,043
бет.-9 п.	1,919	0°29'07,91"	0,016
i-рань № 5			
бет.-8 п.	2,612	0°03'13,41"	0,002
бет.-9 п.	1,687	0°15'13,91"	0,007
грань № 6			
бет.-8 п.	2,906	5°32'04,07"	0,28
бет.-9 п.	1,957	7°25'54,59"	0,253
грань № 7			
бет.-8 п.	2,689	-1°06'01,83"	-0,052
бет.-9 п.	1,671	-0°31'50,55"	-0,015
грань № 8			
бет.-8 п.	2,856	10°34'05,08"	0,524
бет.-9 п.	1,984	21°56'39,74"	0,741

Таблица 3

## Отклонения оси грани от вертикальной плоскости в третьем цикле

Поясы	3 цикл		
	Расстояние между поясами S (м)	Угол отклонения от вертикали (град, мин с)	Отклонения оси грани от вертикальной плоскости (м)
1	2	3	4
грань № 1			
бет.-8 п.	3,040	1°38'32,51"	0,087
бет.-9 п.	2,179	6°55'10,31"	0,262
грань № 2			
бет.-8 п.	2,716	6°01'41,30"	0,285
бет.-9 п.	1,839	11°23'27,75"	0,363

1	2	3	4
грань № 3			
бет -8 п.	2,966	3 °04'34,86"	0,159
бет -9 п.	2,001	5 °08'43,01"	0,179
грань № 4			
бет -8 п.	2,880	-0°49'30,80"	-0,041
бет -9 п.	1,920	0°35'07,68"	0,019
грань № 5			
бет -8 п.	2,615	0°03'49,96"	0,003
бет -9 п.	1,691	0°21'47,52"	0,011
грань № 6			
бет -8 п.	2,910	5°32'23,83"	0,281
бет -9 п.	1,963	7°23'52,94"	0,253
грань № 7			
бет -8 п.	2,696	-1°04'58,54"	-0,051
бет -9 п.	1,672	-0°34'34,28"	-0,017
грань № 8			
бет -8 п.	2,856	10°44'50,32"	0,533
бет -9 п.	1,987	22°04'54,83"	0,747

Отклонения оси ствола вытяжной башни от вертикальной оси градирни № 1 вычислены по средним значениям из средних координат пересечения диагоналей верхнего и нижнего поясов вытяжной башни (рис. 5) представлены в таблице 4.



Рис. 5. Отклонения оси ствола вытяжной башни от вертикальной оси (крен)



## Отклонения оси ствола вытяжной башни от вертикальной оси градирни №1 (крен)

Поясы	Циклы наблюдений					
	1 цикл		2 цикл		3 цикл	
	x	y	x	y	x	y
бет	-2712,340	6435,892	-2712,340	6435,892	-2712,340	6435,892
9	-2712,499	6435,939	-2712,494	6435,934	-2712,495	6435,934
8	-2712,443	6435,931	-2712,438	6435,928	-2712,440	6435,928
поясы	разность между бет. и п поясами					
	1 цикл (мм)		2 цикл (мм)		3 цикл (мм)	
	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta y$
бет	0	0	0	0	0	0
9	-159	47	-154	42	-155	42
8	-103	39	-98	36	-100	36
поясы	вектор					
	1 цикл (мм)		2 цикл (мм)		3 цикл (мм)	
	величина	направление	величина	направление	величина	направление
бет.-9 п	167	ю-в	160	ю-в	161	ю-в
бет.-8 п	НО	ю-в	104	ю-в	106	ю-в

Из анализа полученных данных видно (рис. 6), что все поясы, кроме нижнего, имеют форму неправильного восьмиугольника, а высоты на углах поясов колеблются. Вычисленное отклонение оси ствола вытяжной башни градирни № 1 от вертикальной оси составляет: в 1 цикле 167 мм, во 2-м - 160 мм, в 3-м - 161 мм в юго-восточном направлении (направление на градирню № 2). Динамика отклонения оси ствола вытяжной башни градирни № 1 от вертикальной оси в период между первым и последним циклами составляет 6 мм. Кроме того, произведено вычисление углов между гранями на всех поясах, а также высоты на их углах.

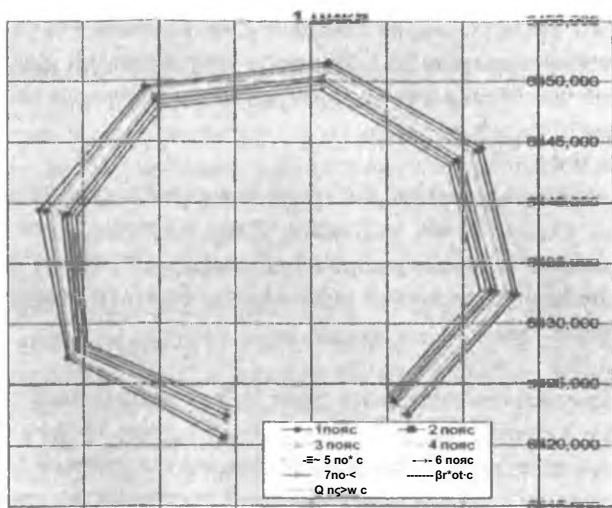
**Результаты определения крена осей граней вытяжной башни***Грань № 1*

Вычисленное отклонение оси грани № 1 от вертикальной плоскости составляет: в 1 цикле 262 мм, во 2 цикле 258 мм, в 3 цикле 262 мм с южным направлением на грань № 8. Динамика отклонения оси грани № 1 от вертикальной плоскости в период между первым и последним циклами составляет 0 мм.

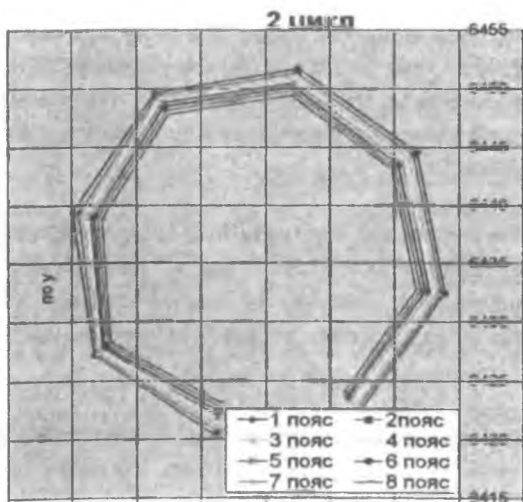
*Грань № 2*

Вычисленное отклонение оси грани № 2 от вертикальной плоскости составляет: в 1 цикле 366 мм, во 2 цикле 361 мм, в 3 цикле 363 мм с юго-западным направлением на грань № 1. Динамика отклонения оси грани

$\frac{1}{8}$  2 от вертикальной плоскости в период между первым и последним циклами составляет 3 мм.



-27 30.0002726.0002720,0002715,0002710,0002705.0002700 0002885,0002600.000



-2733.3S>8727.9M722.482717.02=711,572706.114700 059696.203689 ,747  
по x

Рис. 6. Фигуры поясов в сечении при 1 и 2 циклах

### *Грань № 3*

Вычисленное отклонение оси грани № 3 от вертикальной плоскости составляет: в 1 цикле 175 мм, во 2 цикле 177 мм, в 3 цикле 179 мм с западным направлением на грань № 2. Динамика отклонения оси грани № 3 от вертикальной плоскости в период между первым и последним циклами составляет 4 мм.

### *Грань № 4*

Вычисленное отклонение оси грани № 4 от вертикальной плоскости составляет: в 1 цикле 16 мм, во 2 цикле 12 мм, в 3 цикле 19 мм с северо-западным направлением на грань № 3. Динамика отклонения оси грани № 4 от вертикальной плоскости в период между первым и последним циклами составляет 3 мм.

### *Грань № 5*

Вычисленное отклонение оси грани № 5 от вертикальной плоскости составляет: в 1 цикле 6 мм, во 2 цикле 7 мм, в 3 цикле 11 мм с северным направлением на грань № 4. Динамика отклонения оси грани № 5 от вертикальной плоскости в период между первым и последним циклами составляет 5 мм.

### *Грань № 6*

Вычисленное отклонение оси грани № 6 от вертикальной плоскости составляет: в 1 цикле 255 мм, во 2 цикле 253 мм, в 3 цикле 253 мм с северо-восточным направлением на грань № 5. Динамика отклонения оси грани № 6 от вертикальной плоскости в период между первым и последним циклами составляет 2 мм.

### *Грань № 7*

Вычисленное отклонение оси грани № 7 от вертикальной плоскости составляет: в 1 цикле 8 мм, во 2 цикле 15 мм, в 3 цикле 17 мм с западным направлением на грань № 8. Динамика отклонения оси грани № 7 от вертикальной плоскости в период между первым и последним циклами составляет 9 мм.

### *Грань № 8*

Вычисленное отклонение оси грани № 8 от вертикальной плоскости составляет: в 1 цикле 753 мм, во 2 цикле 741 мм, в 3 цикле 747 мм с юго-восточным направлением на грань № 7. Динамика отклонения оси грани № 8 от вертикальной плоскости в период между первым и последним циклами составляет 6 мм.

Величины динамики отклонения осей граней от вертикальных плоскостей и оси ствола вытяжной башни градири № 1 от вертикальной оси не превосходят точности их определения.

**Вывод.** Анализ данных сечения башни по поясам показывает, что в сечениях башня представлена неправильными восьмиугольниками.

Динамика отклонения оси ствола вытяжной башни от вертикальной оси между циклами наблюдения не превышает точности определения.

Для определения динамики подвижек необходимо производить наблюдения с большей периодичностью.

Экономический аспект данного метода и временные рамки:

- стоимость отражающей пленки мизерная и установка марок (клейка конструкции) производится один раз;
- стоимость прибора (в нашем случае топовый в сегменте) отличалась от самого простого тахеометра на 20 %;
- в общей сложности на полевые и камеральные работы затрачивалось на каждый цикл по одному рабочему дню и один рабочий день на создание опорной сети (время на прохождение техники безопасности и режимность не учитывалось).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методы и приборы высокоточных геодезических измерения в строительстве / В.Д. Большаков [и др.]. - М.: Недра, 1976.
2. Левчук, Т.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ: учебник для вузов / Т.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. -М.: Недра, 1981.-438 с.
3. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. - М.: Сзройиздат, 1975. - 156 с.
4. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5.01.01-99. - Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 1999.
5. Технический отчет по результатам наблюдения за состоянием вытяжной башни градири № 1 Минской ТЭЦ-3. - Минск: Геосервис, 2008.