

## ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СТЕН АСТРАХАНСКОГО КРЕМЛЯ

*Т. Н. Кобзева, С. Т. Лукоржевский*

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет  
(Россия)*

Важную роль в развитии туристического кластера региона играет Астраханский Кремль – историко-архитектурный комплекс культовых сооружений. Сохранение этого памятника архитектуры является важным для России. Для этого необходимо производить геодезические наблюдения за его деформациями.

**Ключевые слова:** *вертикальные и горизонтальные деформации, мониторинг, уровень смещения сооружения.*

The Astrakhan Kremlin, a historical and architectural complex of religious buildings, plays an important role in the development of the region's tourism cluster. The preservation of this architectural monument is important for Russia. To do this, it is necessary to make geodetic observations of its deformations.

**Keywords:** *vertical and horizontal deformation, monitoring, level of displacement of the structure.*

Учитывая значимость историко-архитектурного памятника Астраханский Кремль, возникла необходимость в проведении реставрационных работ на его территории, что подразумевает их геодезическое обеспечение.

Нами уже наблюдались геодезическими методами фундамент и состояние стен кремля.

Сейчас возникла проблема состояния зубчатых стен кремля, что определило программу наблюдений. Необходимо определить способы и методы наблюдений за деформациями зубчатых стен кремля. Определить необходимую точность при наблюдении за деформациями зубчатых стен. Провести анализ и определить характеристики приборов, позволяющих выполнять наблюдения за деформациями с необходимой точностью. Определиться с программным обеспечением, обрабатывающим геодезическую информацию.

Определение деформаций стен Астраханского кремля проводилось с использованием методики «Геометрического нивелирования II класса» с точностью I класса.

Нивелирование II класса выполнялось в прямом и обратном направлениях по костылям (кольям) нивелирами с плоскопараллельной пластинкой, контактными уровнями (Н-05, Ni -002, Ni-004) и штриховыми инварными рейками. Для наблюдений за деформациями зубчатых стен кремля, нами заложены стенные марки, к которым применяли подвесные рейки.

Таблица 1

Порядок наблюдений при нивелировании в прямом направлении

<i>Нечетная станция</i>	<i>Четная станция</i>
Отсчет по основной шкале задней рейки	Отсчет по основной шкале передней рейки

Отсчет по основной шкале передней рейки	Отсчет по основной шкале задней рейки
Отсчет по дополнительной шкале передней рейки	Отсчет по дополнительной шкале задней рейки
Отсчет по дополнительной шкале задней рейки	Отсчет по дополнительной шкале передней рейки

Одну половину секций участка сначала проходят в прямом направлении, а другую - в обратном, затем наоборот, выполняя нивелирование по схеме «восьмерка».

Таблица 2

### Наблюдения за деформациями стен

Этапы	Вид работ	Содержание работ
1	Рекогносцировка района выполнения работ	Осмотр местности, выбор астрономических и геодезических опорных пунктов (для обоснования технологии топографических съёмок). Этап рекогносцировки высоты сопровождался расчетами высоты геодезических сигналов, которые устанавливались на опорных пунктах, с обеспечением видимости между ними. Учитывались и другие факторы – кривизна Земли, особенности рельефа, местные препятствия.
2	Закладка в зубчатые стены Астраханского Кремля деформационных марок	Деформационные марки закладывались через каждые 14,2 метра. Всего было заложено 100 деформационных марок. Нами применялись деформационные марки небольшого диаметра для того, чтобы не испортить внешний вид фасада исторического памятника
3	Наблюдения за деформациями зубчатых стен	Наблюдения за деформациями стен, на этом этапе, содержали непосредственную закладку временных грунтовых реперов. Закладка реперов производилась с учетом «Правил закладки центров и реперов на пунктах геодезических нивелирных сетей (1993г.)», при выполнении условий максимальной видимости и качества выполнения наблюдений на деформационные марки.
4	Выполнение нивелирования II класса с точностью I класса.	Определение абсолютных отметок временных реперов. Используя грунтовые реперы, создавалась нивелирная сеть II класса. Выполнялось условие видимости марок и одинаковой длины плеч.
5	Непосредственное наблюдение за деформационными марками	Абсолютные отметки начальных измерений брались за исходные для дальнейшего мониторинга деформации зубчатых стен Астраханского Кремля
6	Периодические наблюдения за деформационными марками	Проведение периодических наблюдений за деформационными марками. Основная цель мониторинга – определение динамики горизонтальных деформаций

При вертикальных перемещениях, деформационные марки устанавливались по всему периметру в нижней части по углам зубчатых стен внутри их и углам.

Изучая геологические особенности территории, нами были выявлены неблагоприятные условия, (размываемые грунты и осадки).

При определении деформации стен были учтены следующие характеристики деформаций фундамента зубчатых стен:

Полная осадка ( $S$ ) отдельных точек фундамента, которая определяется измерениями:

$$S = H_0 - H_i ,$$

где  $H_0$  – отметка начального цикла измерений;  $H_i$  – отметка текущего цикла измерений (отметки определены относительно отметки исходной точки, которая принимается за неподвижную).

Средняя осадка сооружения  $S_{\text{ср}}$ , которая определяется вычислениями по данным фактических осадок не менее, чем трех отдельных фундаментов, которые расположены в пределах здания (сооружения).

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sum_1^n S}{n_0}$$

где  $n$  — количество точек.

Для характеристики деформаций нами указывались наибольшая и наименьшая осадки точек стен.

Разности осадок  $\Delta S$  двух точек  $i$  и  $j$  или двух ( $m$ -го и  $n$ -го) циклов наблюдений вычислялись по формулам:

$$\Delta S_{i,j} = S_j - S_i \quad \Delta S_{m,n} = S_n - S_m$$

Послойная деформация  $Z$  грунтов оснований слоя зубчатой стены мощностью  $z$  определяется:

$$\Delta S_z = S_{\text{кр}} - S_{\text{под}}$$

(для точек, которые закреплены в подошве слоя грунта стены).

Контроль наблюдений на станции заключался в следующем.

1. Сравнивались значения превышений из наблюдений по основным и дополнительным шкалам реек; расхождения не должны быть более 0,5 мм (10 делений отсчетного барабана). Если хотя бы одно расхождение получилось больше допустимого, то все наблюдения на станции переделывают, предварительно изменив высоту нивелира не менее чем на 3 см.

2. Сравнивались средние значения превышения заднего правого костыля над задним левым по результатам нивелирования на данной и предыдущей станциях (где эти костыли были передними); расхождения не должны быть более 0,7 мм.

Мы пришли к выводу, что необходимо применять компьютерное моделирование при прогнозировании деформаций, дополняя его полевыми геодезическими наблюдениями за деформациями в процессе эксплуатации сооружения. Что в свою очередь позволит снизить величину деформаций и уменьшить динамику.

### Список литературы

1. Гура Т. А., Бирюкова А. О., Овсиенко Е. А. Деформации зданий и сооружений и порядок их выявления // Молодой ученый. 2016. № 30. С. 59–62. URL: <https://moluch.ru/archive/134/37529/>
2. ГОСТ24846- 2012 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений
3. Федеральный закон от 26.12.95 № 209-ФЗ ( в ред. от 04.03.2013) «О геодезии и картографии». [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.base.consultant.ru>

УДК 528

## ИНТЕГРАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В ОБРАБОТКУ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Т. Н. Кобзева*

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет  
(Россия)*

Своеобразие геодезической информации, принуждает к применению математических методов её обработки. Математическая геопространственная модель создаваясь, проходит ряд этапов: подготовительный, аналитический, созидательный

*Ключевые слова:* геопространственные данные; геодезическая информация; координатно-привязанные; суперсистема; блок; элемент системы; подготовительный этап; аналитический этап; созидательный этап; структурная единица.

The peculiarity of geodetic information, leads to the use of mathematical methods for its processing. The mathematical geospatial model being created, goes through a series of stages: preparatory, analytical, creative.

*Keywords:* geospatial data; geodesic information; coordinate-attached; supersystem; block; system element; preparatory stage; analytical stage; creative stage; structural unit.

Пространственные данные, применяемые при геодезических исследованиях, отличаются динамической и сложной структурой. В силу этого, математическое моделирование координатно-привязанных данных является достаточно эффективной технологией познания окружающей действительности, проведению обобщения и выявлению внутренних закономерностей пространственных систем.

Проводя моделирование природной или социально-экономической системы, мы создаём её упрощенный аналог. Причем создание модели зачастую отличается субъективным подходом и преднамеренно отличается искусственностью. При этом математическое воплощение сложной и динамической системы, учитывающей всё многообразие пространственного образа, практически невозможно.

Создавая математическую модель, необходимо вложить в неё основные (главные) свойства моделируемого объекта. Дополнительно необходимо также учесть возможность воспроизведения отношений между элементами пространственной модели, характер внутренних и внешних связей, учесть качественные и количественные характеристики объектов. При этом,