

УДК 624.131

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» С ПОМОЩЬЮ ГЕОДАННЫХ

Немчинов Ю.И., Хавкин А.К., Калюх Ю.И.

Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций, г. Киев

В статье рассмотрено использование геодезических данных для оценки деформационного состояния строительных конструкций объекта «Укрытие». К настоящему времени, в процессе инженерно-геодезических наблюдений за ОУ на протяжении 20-ти лет, накоплена значительная информация об эволюции пространственных координат контрольных марок. На основе их анализа и математического моделирования были построены математические модели обработки геодезических данных и прогнозирования для последнего этапа измерений (с 1999 г. по настоящее время).

Ключевые слова: геодезические данные, объект «Укрытие», математические модели, прогноз, деформация инженерных сооружений

ВВЕДЕНИЕ

Систематические инженерно-геодезические наблюдения за осадками и горизонтальными деформационными смещениями объекта «Укрытие» (ОУ) ЧАЭС начаты в мае 1987 года.

Результаты наблюдений свидетельствуют, что фундаменты сооружений, стены, покрытие, вентиляционная труба и прочие конструкции ОУ имеют систематические осадки и горизонтальные смещения, которые изменяются с течением времени, поддаются сезонным колебаниям и в отдельных случаях наблюдается слабая тенденция к их стабилизации.

В соответствии с результатами исследований [1, 2], в процессе дальнейшей эксплуатации возможно ухудшение состояния опорных частей основных конструкций ОУ под влиянием времени, атмосферных и температурных факторов, а также усилий, вызванных неравномерными осадками.

Все это может привести к сдвиговым деформациям и разрушениям. Ввиду этого возникла необходимость выполнения геодезического контроля за ОУ, а также разработки соответствующих конструкций геодезических знаков и обоснования необходимой точности инженерно-геодезических измерений при наблюдениях.

Требования к точности геодезических измерений при изучении деформаций инженерных сооружений устанавливаются ГОСТ 24846-81 [3] и СНИП 3.01.03-84 [4], в которых для домов и сооружений, возведенных на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах, допустимая погрешность измерения перемещений определяется по II классу точности: 5 мм – горизонтальных и 2 мм – вертикальных.

Такой подход к выбору точности измерений был бы оправдан, если бы он касался обычных массивных сооружений. Но ОУ, учитывая его потенциальную опасность для Украины и Европы в целом, которая граничит с экологической катастрофой, подлежит отнесению к уникальным сооружениям, для которых допустимая погрешность измерения перемещений определяется ГОСТ 24846-81 [3]

по I классу точности, то есть 2 мм для горизонтальных и 1 мм для вертикальных перемещений.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Опыт геодезических наблюдений за деформациями ОУ, которые с 1987 г. в течение 9 лет выполнялись Новосибирской объединенной комплексной экспедицией № 143 ПО «Инженерная геодезия» Федеральной службы геодезии и картографии России, а с 1996 года - Научно-производственным предприятием «Укринжгеодезия» (НППУ) Главного управления геодезии, картографии и кадастра при Кабинете Министров Украины, свидетельствует, что абсолютные величины деформационных перемещений и их временно-пространственные изменения требуют дифференцированного подхода к точности геодезических измерений:

Высшая точность (то есть I класс) необходима для нижних ярусов ОУ, деформации которых преимущественно носят систематический характер (например, оседания, связанные с деформационными процессами в геологических структурах).

Меньшая точность (то есть II класс) – для конструкций верхних ярусов ОУ, которые, вследствие слабости связей с опорными элементами, податливости покрытия саркофага и машзала 3-4 блоков, неравномерного одностороннего солнечного нагревания стен и кровли и других факторов, более чувствительны к деформационным процессам, но в то же время носят случайный характер.

Геодезическая сеть ОУ развивалась поэтапно по мере расширения масштаба инженерно-геодезических исследований для обеспечения необходимой точности измерений его деформаций.

Первая геодезическая сеть на ОУ была создана в 1987 Новосибирской объединенной комплексной экспедицией № 143 ПО «Инженерная геодезия» Федеральной службы геодезии и картографии России. Она прослужила до 1995 г.

После реконструкции вторая геодезическая сеть на ОУ была создана в 1996 г. Научно- производственным предприятием «Укринжгеодезия» Главного управления геодезии, картографии и кадастра при Кабинете Министров Украины и прослужила до 2004 г.

Современная геодезическая сеть на ОУ после реконструкции была создана в 2005 г.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ

К настоящему времени, в процессе инженерно-геодезических наблюдений за ОУ на протяжении 20-ти лет и деаэрационной этажеркой (ДЭ) на протяжении 10-ти лет, накоплена значительная информация об эволюции пространственных координат контрольных марок. В процессе текущих инженерно-геодезических наблюдений за пространственными координатами контрольных марок ОУ и ДЭ до 2009 г. создается и накапливается дополнительная первичная информация, которая совместно с имеющимся массивом данных о динамике контрольных марок является объектом автоматизации. То есть информацией, работу с которой необходимо

автоматизировать путем её формализованного представления в разработанной НИИСК специализированной базе данных (СБД).

На основе первичной информации СБД обеспечивает получение вторичной информации:

- результатов предварительной математической обработки и интерпретации данных инженерно-геодезических наблюдений за пространственными координатами контрольных марок ОУ и ДЭ за любой (заданный пользователем) временной интервал, с возможностью прогноза;

- результатов визуализации первичных параметров осадок и горизонтальных деформаций на основе данных предварительной математической обработки и интерпретации данных инженерно-геодезических наблюдений.

Анализ большинства графиков эволюции контрольных марок ОУ с помощью СБД позволил сделать вывод о наличии трех ярко выраженных областей:

- первая область с 1987 по 1995;
- переходная область – начальный период наблюдений НППУ – с 1995 по 1999;
- стабильная область наблюдений НППУ с 1999 г. по настоящее время.

В соответствии с этими тремя, экспериментально полученными областями для описания эволюции вертикальных и горизонтальных деформаций контрольных марок ОУ, с 1999 г. по настоящее время были разработаны математические модели, наилучшим образом адаптированные к этой области.

Для исключения периодической составляющей и наиболее корректного выделения температурной составляющей в динамике деформаций контрольных марок ОУ была использована информация о порядке проведения непосредственно самих геодезических измерений на ОУ.

Ввиду того, что геодезические наблюдения осуществляются 4 раза в год (ежеквартально) приблизительно в одно и то же время, вместо одной математической модели для всех контрольных марок ОУ было построено четыре математические модели, каждая из которых описывает деформационные эволюции данной контрольной марки “приблизительно” в одних и тех же температурных условиях.

Это позволило упростить математические модели: вместо периодических функций с переменной амплитудой и увеличивающимся год от года количеством гармоник (ввиду различной скорости оседания ОУ на начальном этапе и в настоящее время, а также для обеспечения наперед заданной точности аппроксимации) для описания деформаций контрольных марок ОУ используются только полиномиальные и экспоненциальные функции. С их помощью в отдельных циклах измерений на ОУ была достигнута точность прогноза, которая соответствовала непосредственно точности самих геодезических данных.

Результаты измерения средней температуры во время геодезических измерений НППУ с 1999 г. по 2005 гг. показывают, что разность температуры между первым и третьим ежегодными циклами примерно одинакова во все годы наблюдений и составляет $\sim 22^{\circ}\text{C}$ (таблица 1).

Это позволило сделать предположение о том, что, вне зависимости от направления генерального тренда кривой деформаций отдельно взятой контрольной марки ОУ, разность между результатами измерений первого и третьего ежегодных циклов геодезических наблюдений для неё приблизительно одинакова и обусловлена температурной деформацией \sim в 22° С. Максимальная погрешность отклонения средней температуры во время геодезических наблюдений с 1999 по 2005 гг. от 22° С при этом составила не более 10%.

Таблица 1

Средняя температура во время геодезических измерений НППУ с 1999 по 2005 гг.

№ п/п	Год	Средняя температура, зарегистрированная НППУ во время геодезических наблюдений на ОУ				Разность температур между первым и третьим циклами наблюдений, град С	Средняя разность температур между первым и третьим циклами град С
		Первый ежегодный цикл наблюдений град С	Второй ежегодный цикл наблюдений, град С	Третий ежегодный цикл наблюдений, град С	Четвертый ежегодный цикл наблюдений, град С		
1	1999	0,6	17,3	21,2	3,7	20,6	21,8
2	2000	0,7	21,3	22,3	10,5	21,6	
3	2001	3,7	15,1	23,8	4,3	20,1	
4	2002	3,7	-	24,2	16,1	20,5	
5	2003	-2,9	21,1	21,1	6,9	24,0	
6	2004	0	15,4	21,8	12,1	21,8	
7	2005	-1,9	12,5	21,9	12,9	23,8	

Этот экспериментальный факт был использован для построения первой адекватной модели температурных деформаций строительных конструкций ОУ при $\Delta T \approx 22^{\circ}$ С: средняя разность $\Delta T \approx 22^{\circ}$ С вызывает приблизительно одинаковую температурную деформацию строительных конструкций ОУ и, соответственно, контрольных марок. Использование метода геометрической кластеризации, т.е. предварительная группировка контрольных марок в кластеры в соответствии с их пространственным положением на ОУ (рис. 1) - позволило также упростить процесс построения модели температурных деформаций как отдельных частей ОУ, так и всего объекта в целом при $\Delta T \approx 22^{\circ}$ С:

Кластер № 1 включает контрольные марки верха стены по оси 50 и балок Б-1, Б-2, отнесенных к отметке 65.5 м: М9, М10, М11, М12, М501, М502, М503 и М504.

Кластер № 2 включает контрольные марки кровли, отнесенные к отметке 56.7 м: М4, М5, М3, М7, М8.

Кластер № 3 включает контрольные марки на отметке 50.5 м: М21, М22, М23, М29 и М32.

Кластер № 4 включает контрольные марки на отметке 41.1 м: М18, М19 и М20.

Кластер № 5 включает контрольные марки на отметке 31.6 м: М14 и М16.
 Кластер № 6 включает контрольные марки на отметке 19.5 м: М33Н, М35, М36.
 Кластер № 7 включает контрольные марки на отметке 10.5 м: М25, М26, М27 и М28.
 Кластер № 8 включает осадочные марки на отметке 10.6 м: 003, 004, 005.
 Кластер № 9 включает осадочные марки на отметке 5.9 м: 006, 007 и 008.

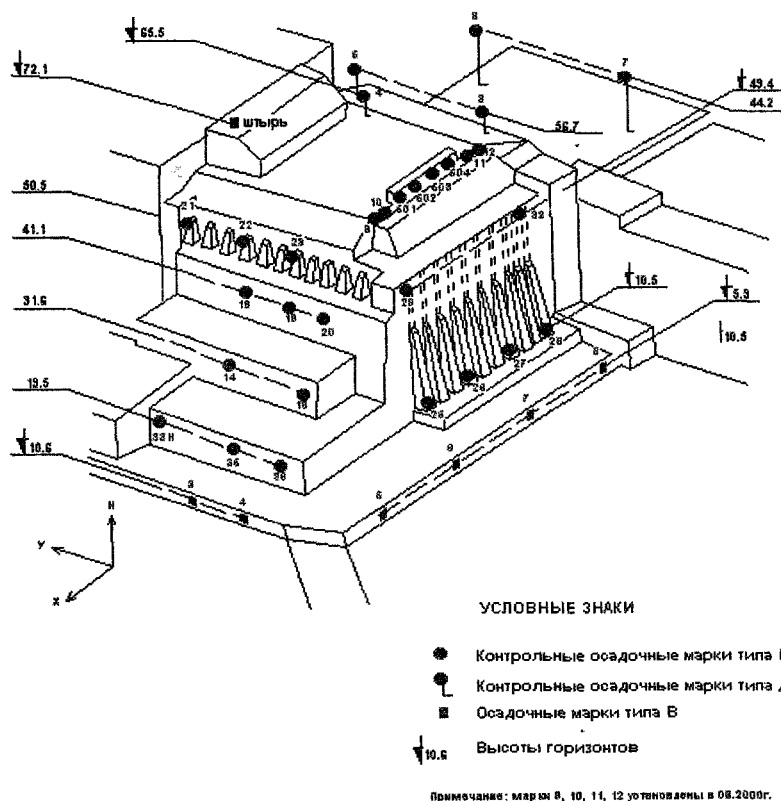


Рис. 1 - Схема расположения контрольных марок ОУ в 2005 г.

Итоговые результаты обработки данных в СБД представлены в таблице 2 в виде исходных данных для построения модели температурных деформаций ОУ при $\Delta T \approx 22^{\circ} \text{C}$ в зависимости от высоты расположения кластеров.

На рис. 2 на основе исходных данных, приведенных в таблице 2, графически проиллюстрирована модель температурных деформаций ОУ по его высоте при $\Delta T \approx 22^{\circ} \text{C}$.

Характер температурной вертикальной деформации ΔH конструкций ОУ при $\Delta T \approx 22^{\circ} \text{C}$ хорошо описывается полиномом второй степени (квадрат коэффициента корреляции ~ 0.9533):

$$\Delta H(H) = 0,0007H^2 + 0,1322H - 1,7843$$

Таблица 2

Исходные данные для построения температурной модели ОУ		
№ кластеров	Отметка кластера, м	ΔH , мм
1	65.5	8,919
2	56.7	9,612
3	50.5	7,51
4	41.1	3,76
5	31.6	3,0
6	19.5	0,96
7-8	10.6-10.5	-0,44
9	5,9	-0,65

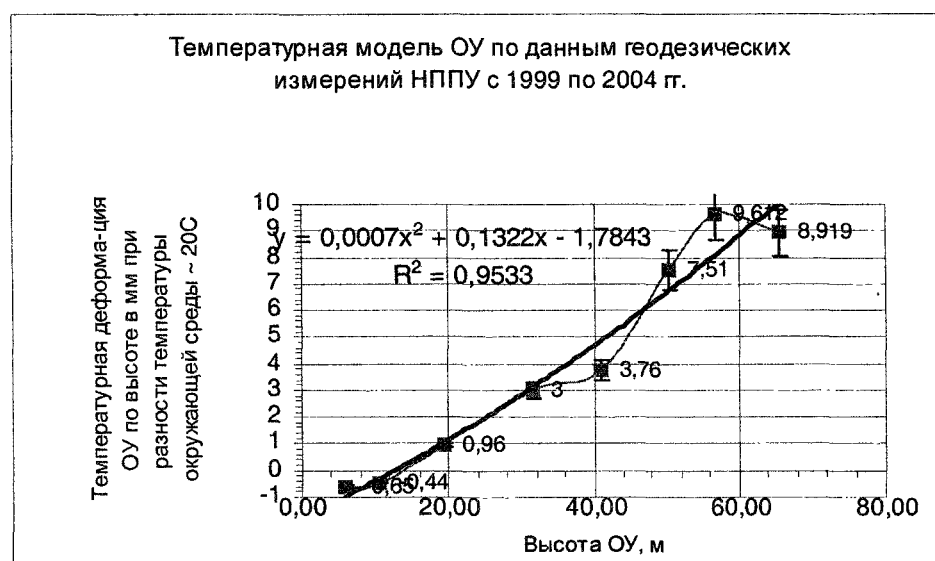


Рис. 2 - Температурная модель ОУ по данным геодезических измерений НППУ с 1999 по 2004 гг.

ВЫВОДЫ

1. Анализ геодезических данных о поведении контрольных марок ОУ позволил разработать математические модели их обработки и прогнозирования для последнего этапа измерений (с 1999 г. по настоящее время) и уточнить параметры температурных деформаций ОУ с целью их исключения из результатов прогнозирования.

2. Для исключения периодической составляющей и наиболее корректного выделения температурной составляющей в динамике смещений контрольных марок ОУ вместо одной математической модели для всех контрольных марок были

построены четыре математические модели, в соответствии с циклами геодезических измерений (приблизительно одинаковыми температурными условиями проведения наблюдений). Это позволило упростить кривые, аппроксимирующие экспериментальные данные: вместо периодических функций для описания деформаций контрольных марок используются полиномиальные и экспоненциальные функции.

3. Результаты измерения средней температуры во время геодезических измерений НППУ с 1999 г. по 2005 гг. показали, что разность температуры в марте и августе примерно одинакова во всех циклах и составляет $\Delta T \approx 22^{\circ} \text{C}$. Это позволило построить адекватную модель температурных деформаций ОУ при $\Delta T \approx 22^{\circ} \text{C}$.

4. Нелинейный характер температурной вертикальной деформации ΔH конструкций ОУ при $\Delta T \approx 22^{\circ} \text{C}$ хорошо описывается полиномом второй степени.

Список литературы

1. Оценочный отчет об анализе состояния строительных конструкций с выводами и рекомендациями (WBS A06 40000-DOC. 6.3). ППА "Гражданское строительство". Задача 6 "Структурные исследования и мониторинг". Киев-Чернобыль, 1999. - 347 с.
2. Структурный отчет (Отчет по результатам выполненных исследований) (WBS A06 50000-DOC. 6.3). ППА "Гражданское строительство". Задача 6 "Структурные исследования и мониторинг". Книга 1. Киев-Чернобыль, 1999. - 172 с.
3. ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы, измерения деформаций оснований зданий и сооружений. М.: Стандартиздат, 1981. - 26 с.
4. СНиП-3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. - 28 с.

Немчинов Ю.И., Хавкин А.К., Калюх Ю.И. Оцінка деформаційного стану будівельних конструкцій об'єкта "Укриття" за допомогою геодезичних даних // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Географія». - Т. 20 (59).- № 1. - С. 126-132.

У статті розглянуте використання геодезичних даних для оцінки деформаційного стану будівельних конструкцій об'єкта "Укриття". До теперішнього часу, у процесі інженерно-геодезичних спостережень за ОУ протягом 20-ти років, накопичена значна інформація про еволюції просторових координат контрольних марок. На основі їхнього аналізу й математичного моделювання були побудовані математичні моделі обробки геодезичних даних і прогнозування для останнього етапу вимірів (з 1999 р. по теперішній час).

Ключові слова: Геодезичні данні, об'єкт "Укриття", математичні моделі, прогноз.

Nemchinov Y.I., Khavkin A.K., Kalyukh Y.I. Estimation of a deformation condition of building designs of object "Shelter" by means of geodetic data // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. – 2006. – Series «Geography». – V. 20 (59). - № 1. – С. 126-132.

In clause use of geodetic data for an estimation of a deformation condition of building designs of object "Shelter" is considered. By present time, during engineering-geodetic supervision for "Shelter objekt" during 20-ти years, the significant information on evolution of spatial coordinates of control marks is saved up. On the basis of their analysis and mathematical modelling mathematical models of processing of geodetic data and forecasting for last stage of measurements (with 1999 on present time) have been constructed.

Keywords: Geodetic data, object "Shelter", mathematical models, the forecast.

Поступила в редакцію 17.04.2007г.