

УДК 528.481

МЕТОД ПРИВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ДО ОДНІЄЇ ЕПОХИ

П. Черняга, О. Янчук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Вступ

Основним джерелом інформації про просторові рухи земної поверхні, будівель і споруд є геодезичні спостереження. Оскільки дані геодезичних спостережень є числовим вираженням впливу усіх факторів та часу на рух об'єкта, то саме на їхній основі ефективно виконувати прогноз просторових рухів. У зв'язку з цим важливим є питання побудови моделі зміщень для всього комплексу, який складається з декількох окремих об'єктів. Проте, як правило, на великих промислових майданчиках спостереження за осіданнями та просторовими зміщеннями виконують різні виконавці, у різні періоди, що призводить до дискретності результатів вимірювань [1, 3]. Це порушує сприйняття всього комплексу об'єктів як єдиного цілого та ускладнює аналіз даних і оцінку його стану загалом. Тому актуальним є питання про приведення результатів геодезичних спостережень до однієї епохи.

Аналіз останніх досліджень

У роботі [3] запропоновано метод приведення результатів геодезичних спостережень до однієї епохи. Його суть полягає в тому, що для кожного з N досліджуваних об'єктів будуються аналітичні формули за значеннями осідань споруд $S_j(t)$ ($j = \overline{1, N}$) у системі координат SOt , де t – реальний час. Після чого виконується перехід до єдиної для всіх споруд системи координат.

Постановка завдання

Розглянемо використання запропонованого в [3] методу для приведення результатів геодезичних вимірювань до однієї епохи у двох аспектах:

1. На основі лише даних вимірювань.
2. На основі моделей зміщень окремих елементів об'єкта спостережень.

Варто зазначити, що під об'єктом та його елементами ми розуміємо як окрему споруду (об'єкт) з контрольними марками (елементи), так і ділянку спостережень (об'єкт) з окремими будівлями чи контрольними пунктами (елементи). Тому цю методику можна використовувати для приведення до однієї епохи спостережень як результатів вимірювань контрольних марок однієї будівлі, що виконані в різний час, так і результатів спостережень за різними спорудами, які становлять єдиний комплекс (наприклад, промисловий майданчик, район міста, зсувонебезпечна ділянка тощо).

Результати досліджень

Якщо ми ґрунтуємось лише на результатах натурних геодезичних спостережень, пропонуємо розв'язувати задачу так. Нехай маємо результати спостережень за осіданнями фундаментів трьох споруд, розташованих на одному промисловому майданчику. Спостереження за ними розпочалися у різний час (рис. 1).

Для приведення результатів спостережень на одну епоху необхідно перейти від системи SOt до системи $S'O't'$. Для цього скористаємося такими формулами [3]:

$$t' = t - t_0, \quad (1)$$

$$S'_j(t') = S_j(t) - S_j(t_0), \quad (2)$$

де t_0 – початок першого циклу вимірювань останнього за часом елемента; t – час, у старій системі відліку SOt , на який визначалось зміщення; t' – час, на який визначалось зміщення, приведені у єдину епоху; $S_j(t_0)$ – зміщення j -го елемента в момент часу t_0 ; $S_j(t)$ – зміщення j -го елемента в момент часу t ; $S'_j(t')$ – зміщення j -го елемента на момент часу t' , приведені в єдину епоху.

Значення величин $S_j(t_0)$ та $S_j(t)$ визначаються безпосередньо на основі результатів вимірювань. Якщо цикли вимірювань різних елементів не збігаються у часі, величини зміщень необхідно визначати лінійним інтерполюванням на потрібний час. В результаті отримуємо спостереження, приведені на одну епоху. У наведеному прикладі результати осідань приведені до епохи початку спостережень споруди 3 (рис. 2).

Серед переваг цього методу варто відзначити простоту алгоритму, а, отже, значну швидкість обчислень та економію часу. Також його використання не потребує наявності порівняно довгих рядів спостережень, які необхідні для побудови аналітичних моделей. Крім того, у разі визначення приведених зміщень на час, коли виконувались геодезичні спостереження, ми не маємо додаткових похибок за апроксимацію, а точність отриманих значень визначається точністю вимірювань.

Недоліком цього методу є те, що у разі, якщо цикли вимірювань не збігаються у часі, ми не можемо бути впевнені в достовірності проінтерпольованих значень на момент часу t_0 . Їхня надійність залежить від того, наскільки обґрунтовано був розрахований час виконання циклів вимірювань для врахування всіх особливостей спостережуваного об'єкта. Тому оптимальнішим (за наявності достатніх обсягів даних спостережень) ми вважаємо варіант, в якому використовуються моделі зміщень елементів об'єкта, оскільки в цьому разі вказаний недолік компенсується залежно від надійності вибраної моделі.

Якщо ми маємо достатньо даних, виконуємо побудову аналітичних моделей зміщень. Для прикладу подамо осідання елемента об'єкта як функцію часу у вигляді [2]:

$$S = S_e + S_y, \quad (3)$$

де S_e – осідання, яке виникло під вагою споруди; S_y – осідання за рахунок впливу циклічних факторів (грунтові води, стан ґрунту тощо).

Складову S_e подамо трендом виду [2]:

$$S_e = \sum_{i=0}^m a_i t^i, \quad (4)$$

а складову S_y – кінцевим рядом Фур'є:

$$S_y = \sum_{j=1}^n (A_j \cos 2\pi jt + B_j \sin 2\pi jt). \quad (5)$$

Тоді формула (3) набуде вигляду:

$$S = \sum_{i=0}^m a_i t^i + \sum_{j=1}^n (A_j \cos 2\pi jt + B_j \sin 2\pi jt), \quad (6)$$

де t – час від початку спостережень.

Методика визначення коефіцієнтів $a_i (i = \overline{0, m})$, $A_j, B_j (j = \overline{1, n})$ та чисел m, n описана в [2].

Згідно з (6) подамо моделі осідання фундаментів споруд 1 та 2 у такому вигляді:

$$\begin{aligned} S_1 &= +0.18 - 1.54t + 0.04t^2 - 0.32 \cos 2\pi t + 1.78 \sin 2\pi t + 0.09 \cos 2\pi 2t - 1.25 \sin 2\pi 2t, \\ S_2 &= -0.65 - 0.77t + 0.02t^2 + 0.82 \cos 2\pi t - 0.09 \sin 2\pi t - 0.49 \cos 2\pi 2t - 0.63 \sin 2\pi 2t. \end{aligned} \quad (7)$$

Моделльні осідання, обчислені на основі (7), зображено на рис. 3.

Для приведення результатів спостережень до однієї епохи використовуємо формули (1) та (2), в яких величини $S_j(t_0)$ та $S_j(t)$ обчислюються за прийнятими моделями. У нас результати осідань приведені до епохи початку спостережень споруди 3 (рис. 4). Точність отриманих даних буде залежати від надійності прийнятих моделей зміщень елементів об'єкта.

Висновок

На основі описаного методу можна опрацювати як дані осідань, так і просторових зміщень. Використання запропонованої методики дає змогу привести дані спостережень до однієї епохи на основі даних вимірювань, а також побудованих аналітичних моделей. Відповідно ми маємо змогу оцінювати положення і стан спостережуваних об'єктів в комплексі, адже для побудови достовірної моделі зміщень всього комплексу об'єктів необхідно враховувати їх у взаємозв'язку. Це дає змогу виконувати інженерний захист усієї системи споруд.

Література

1. Черняга П.Г., Басюк М.Ю. З досвіду дослідження питань з обробки геодезичних вимірювань різних епох // Матеріали другої наук.-техн. конференції проф.-викл. складу. – Рівне, 1996. – С. 32.
2. Черняга П.Г., Сяський В.О., Касянчук А.Г. Прогнозирование деформаций сооружений АЭС // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. – 1990. – Вып. 52. – С. 83–87.
3. Черняга П.Г., Сяський В.О., Касянчук А.Г. Дослідження геодезичних спостережень різних епох на техногенних геодезичних полігонах // Геодинаміка гірських систем Європи. Матеріали міжнародного симпозіуму. – Яремче. – 1994. – С. 41.

Метод приведення геодезичних спостережень до однієї епохи

П. Черняга, О. Янчук

Розглядається методика приведення результатів геодезичних спостережень до однієї епохи. Проаналізовано можливість використання цієї методики на основі практичних даних спостережень та на основі теоретичних моделей.

Метод приведения геодезических наблюдений к единой эпохе

П. Черняга, А. Янчук

Рассматривается методика приведения результатов геодезических наблюдений к единой эпохе. Проанализирована возможность использования этой методики на основании практических данных наблюдений и на основе теоретических моделей.

The method of bringing geodesic measurements over to a common epoch

P. Chernyaga, A. Yanchuk

The method of bringing results of geodesic measurements to a common epoch is examined. The possibility of this method use is analysed on the basis of practical measurements and on the basis of theoretical models.