

УДК 528.4

Білоус М.В.

ВИЗНАЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ВИСОТНОЇ ОСНОВИ В РАЙОНІ БУДІВНИЦТВА МЕТРОПОЛІТЕНУ

Постановка проблеми При будівництві метро практично завжди окрім виконання інженерно-геодезичних робіт виникає потреба у виконанні спостережень за осіданнями і деформаціями геодезичними методами. В будь-якому випадку такі роботи виконуються від пунктів геодезичної основи, положення яких приймають незмінним протягом виконання робіт. У містах які часто мають складну та хаотичну забудову, різні геологічні умови, значну кількість інженерних комунікацій та враховуючи вплив будівельної техніки та міського транспорту, зберегти стабільність геодезичної основи практично неможливо [1;2]. Безпосередньо визначити стабільність пунктів геодезичної мережі, лише за результатами вимірювань в середині цієї мережі дуже складно. У випадку планових зміщень пунктів розроблено достатньо надійні методи та алгоритми визначення пунктів, які змістилися. Для висотної складової пунктів вирішення питання стабільності не має однозначної відповіді через існування невизначеності. Розроблено значну кількість способів, які дозволяють опосередковано дослідити висотну стабільність пунктів та вказати найбільш стабільні серед них або навпаки. В роботі пропонується метод, який є подальшим розвитком методу І.В. Рунова [3].

Огляд попередніх публікацій Згідно з роботою [4], де виконано найбільш детальний аналіз існуючих методів аналізу стабільності висотної складової опорних пунктів, всі методи можна розділити на дві великі групи:

1. Базуються на принципі незмінності відмітки одного з найбільш стабільних реперів.
2. Базуються на принципі незмінної середньої відмітки всіх реперів мережі, або групи найбільш стабільних реперів.

В цьому контексті запропонований метод слід віднести до першої групи. Загальні рекомендації, щодо методики визначення стабільності пунктів наведено також в роботах [3;5]. Оскільки переміщення пунктів від циклу до циклу спотворені випадковими та остаточними систематичними похибками, то головне завдання – це визначення найбільш стабільного пункту, та виключення з числа опорних пунктів, тих які змінили висоту.

Постановка завдання Метою даної роботи є розробка методики визначення найменш стабільних по висоті пунктів геодезичної мережі.

Основний зміст роботи Виконання інженерно-геодезичних вимірювань та спостережень найчастіше виконують від тимчасових пунктів для яких відомі як

висота так і планові координати. Найчастіше пункти розташовують так, як це вказано на рис. 1.

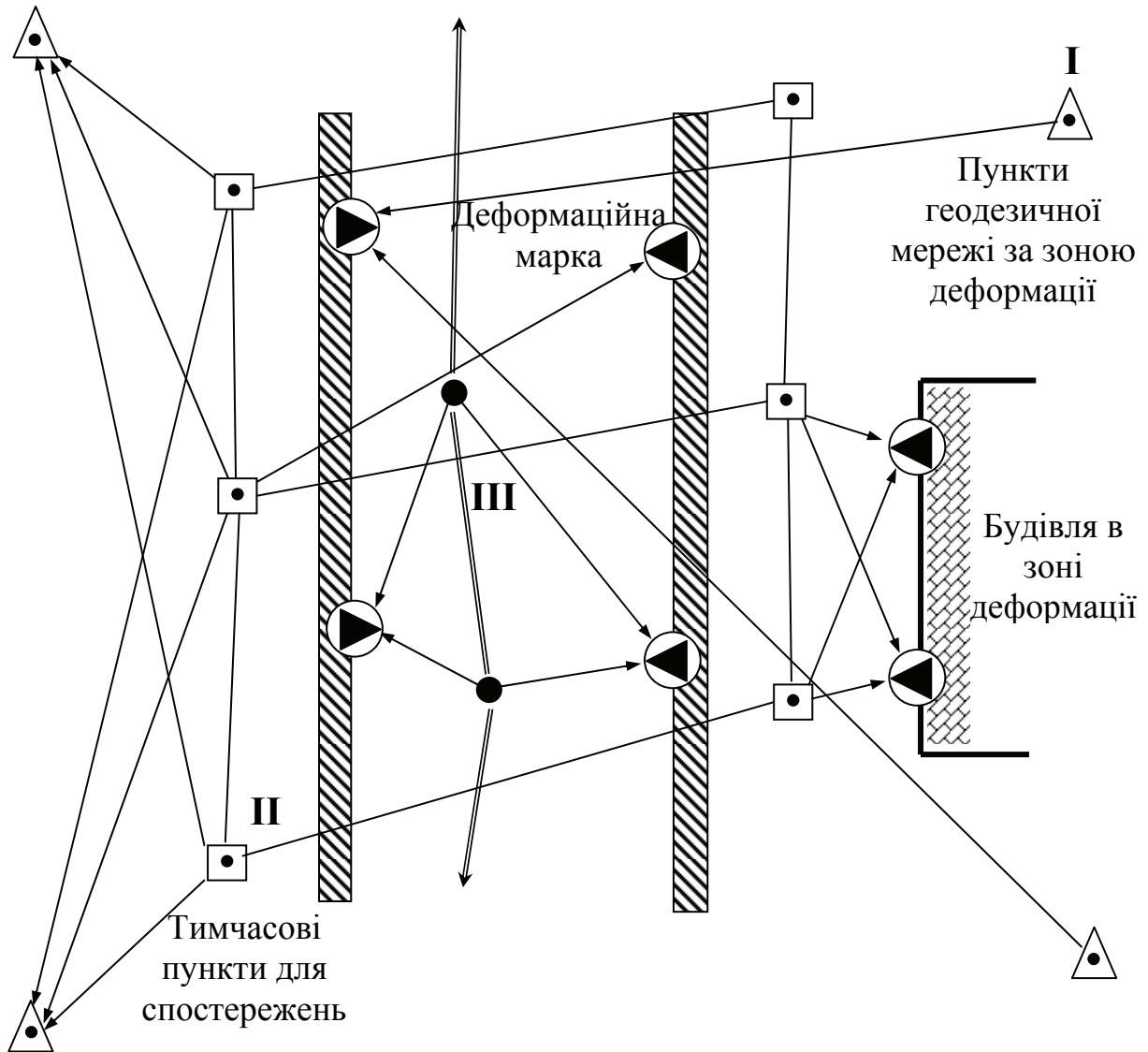


Рис. 1 Розташування пунктів геодезичної мережі на будівельному майданчику

В основу запропонованого способу аналізу стабільності висотної складової пунктів геодезичної мережі, покладено методика, яка запропонована І.В. Руновим. Згідно з роботою [3] пропонується при обчисленні зміщень ΔZ пунктів в циклі спостережень з номером i в якості вихідних послідовно приймати відмітки всіх досліджуваних пунктів. В результаті обчислень отримують кососиметричну матрицю (1):

$$\begin{matrix}
 0 & \Delta Z_{21} & \Delta Z_{31} & \dots & \Delta Z_{n1} \\
 \Delta Z_{12} & 0 & \Delta Z_{32} & \dots & \Delta Z_{n2} \\
 \dots & \dots & 0 & \dots & \dots \\
 \Delta Z_{1(n-1)} & \Delta Z_{2(n-1)} & \dots & 0 & \Delta Z_{n(n-1)} \\
 \Delta Z_{1n} & \Delta Z_{2n} & \Delta Z_{3n} & \Delta Z_{(n-1)n} & 0
 \end{matrix} \quad (1)$$

Далі для кожного пункту обчислюють середнє значення його зміщень, що отримані при послідовному виборі за вихідний інших пунктів.

$$\Delta Z_{\text{сер}} = \frac{\sum \Delta Z_i}{n} \quad (2)$$

де $\sum \Delta Z_i$ - сума елементів стовпчика матриці (1).

Стабільність пунктів встановлюють на основі аналізу величин $\Delta Z_{\text{сер}}$, які оцінюють за допомогою виразу:

$$|\Delta Z_{\text{сер}}| \leq t\mu\sqrt{Q_{\Delta Z_{\text{сер}}}} \quad (3)$$

де t коефіцієнт переходу від середніх квадратичних похибок до граничних; μ середня квадратична похибка одиниці ваги; Q зворотня вага величини $\Delta Z_{\text{сер}}$.

В основу запропонованого способу покладено гіпотезу, що вплив остаточних систематичних та випадкових похибок можна послабити, якщо виконати зрівнювання отриманих переміщень пунктів.

Оскільки відомі планові координати всіх пунктів мережі, то пропонується досліджувати висотну стабільність n пунктів в наступній послідовності.

1. Після виконання другого циклу спостережень висоту кожного пункту послідовно приймають за вихідну і виконують зрівнювання всієї мережі n разів, як вільної і отримують висоти всіх пунктів H_i n разів.

2. Обчислюють різниці висот між першим та другим циклом спостережень $H_i' - H_i'' = \Delta Z_i$ n разів.

3. Використовуючи координати пунктів $X_i, Y_i, \Delta Z_i$ виконують апроксимацію площиною, приймаючи послідовно кожен з реперів за вихідний. За вихідне рівняння площини приймають:

$$aX_i + bY_i + C_i = \Delta Z_i \quad (4).$$

Процедуру апроксимації можна представити, як зрівнювання параметричним способом з додатковими обмеженнями. Таким чином матимемо $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{\Delta}$ - модель спостережень; $\mathbf{C} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$ - модель обмежень.

До моделі обмежень включені дві умови:

Перша – площина апроксимації повинна пройти через пункт, який прийнято за початковий.

$$aX_i + bY_i + C_i = 0$$

Друга – площина апроксимації повинна пройти через умовний середній пункт, який має планові координати центру ваги мережі і $\Delta Z_i = 0$

$$aX_{\text{сер}} + bY_{\text{сер}} + C_i = 0$$

Таку систему вирішують використовуючи метод множників Лагранжа:

$$(\mathbf{P}_{\Delta} \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} - \mathbf{P}_{\Delta} \mathbf{\Delta}) + \mathbf{\Lambda}^T (\mathbf{C} \mathbf{x} - \mathbf{b}) = \mathbf{0} \quad (5).$$

Рішення системи рівнянь (5) знаходять за виразами (6):

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2; \quad \mathbf{x}_1 = (\mathbf{A}^T \mathbf{P}_\Delta \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A} \mathbf{P}_\Delta \Delta; \quad (6)$$

$$\mathbf{x}_2 = (\mathbf{A}^T \mathbf{P}_\Delta \mathbf{A})^{-1} \mathbf{C}^T \left(\mathbf{C} (\mathbf{A}^T \mathbf{P}_\Delta \mathbf{A})^{-1} \mathbf{C}^T \right)^{-1} (\mathbf{C} \mathbf{x}_1 - \mathbf{b})$$

4 Отримують n розв'язків, залежно від кількості пунктів висотна стабільність яких аналізується. З геометричної точки зору ми отримуємо сімейство площин, як це показано на рис. 2.

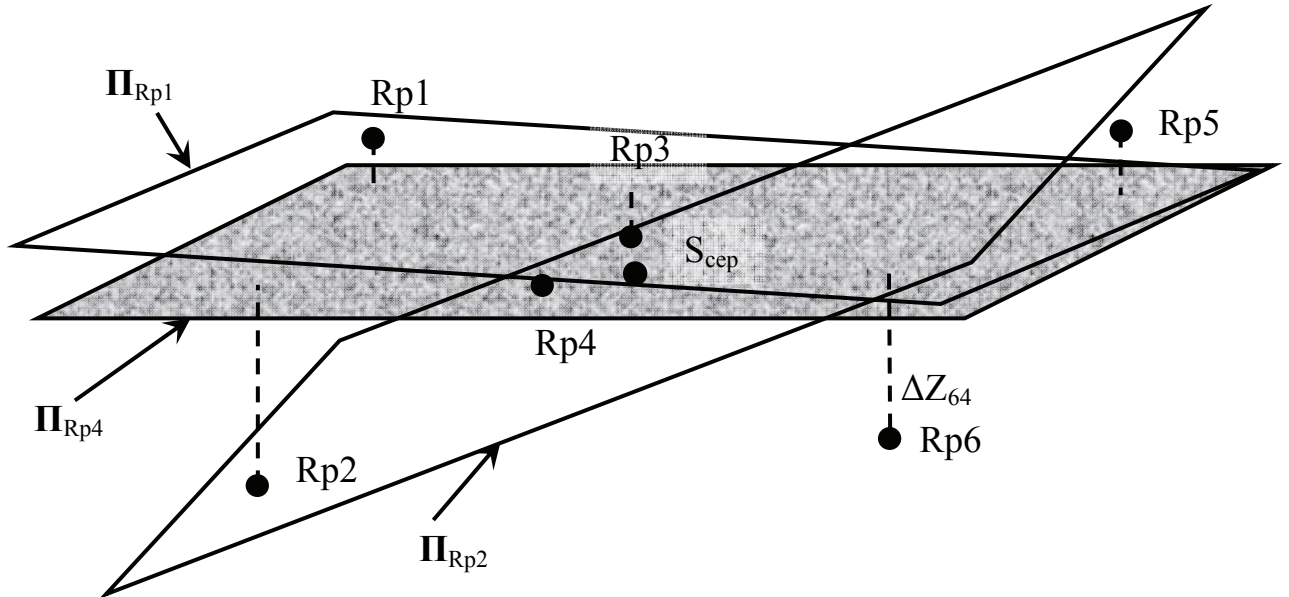


Рис. 2 Апроксимація площиною

З поправок, що отримані для кожного розв'язку утворюють кососиметричну матрицю, яка має наступний вигляд:

$$\begin{matrix} 0 & \Delta v_{21} & \Delta v_{31} & \dots & \Delta v_{n1} \\ \Delta v_{12} & 0 & \Delta v_{32} & \dots & \Delta v_{n2} \\ \dots & \dots & 0 & \dots & \dots \\ \Delta v_{1(n-1)} & \Delta v_{2(n-1)} & \dots & 0 & \Delta v_{n(n-1)} \\ \Delta v_{1n} & \Delta v_{2n} & \Delta v_{3n} & \Delta v_{(n-1)n} & 0 \end{matrix} \quad (7)$$

Далі діють за відомою процедурою способу І.В. Рунова використовуючи залежності (2) – (3), які видозмінені з урахуванням матриці (7).

$$\Delta v_{сеп} = \frac{\sum \Delta v_i}{n}$$

де $\sum \Delta v_i$ - сума поправок стовпчика матриці (7).

Стабільність пунктів встановлюють на основі аналізу величин $\Delta v_{сеп}$, які оцінюють за допомогою виразу:

$$|\Delta v_{сеп}| \leq t \mu_{анр}$$

де t коефіцієнт переходу від середніх квадратичних похибок до граничних; $\mu_{анр}$ середня квадратична похибка одиниці ваги апроксимації.

Таким чином за величиною $|\Delta v_{сер}|$ можна зробити висновок про стабільність пункту геодезичної основи. Після визначення найменш стабільного пункту, його виключають з числа опорних і процедуру аналізу виконують повторно за пунктами 1-4.

Висновки В роботі запропоновано новий метод визначення стабільності пунктів геодезичної мережі. Отримані результати включають в себе методику математичної обробки результатів спостережень та пропозиції щодо інтерпретації отриманих результатів.

Список літератури

1. Хамид Фарамарз Пур Разработка методов анализа деформаций подземных сооружений: Автореф. дис. кандидата техн. наук: 25.00.32/ Московский государственный университет геодезии и картографии – М., — 2007 г. -17 с.
2. Шульц Р.В., Чмчян Т.Т., Білоус М.В. Визначення деформацій підірних стінок при будівництві метрополітену. // Містобудування та територіальне планування, Київ, 2008 р. - С. 462-469. Вип. 31
3. Михелев Д.Ш., Рунов И.В., Голубцов А.И. Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений. - М.: Недра, 1977. – 152 с.
4. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов / В.Н. Ганьшин, А.Ф. Стороженко, А.Г. Ильин и др. – М.: Недра, 1981. – 215 с.
5. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. Под. ред.. Г.П. Левчука. - М.: Недра, 1983 - 400с.

Анотація

Запропоновано метод визначення стабільності пунктів геодезичної мережі. Отримані результати містять методику математичної обробки результатів спостережень та пропозиції щодо інтерпретації отриманих результатів.

Аннотация

Предложен метод определения стабильности пунктов геодезической сети. Получены результаты, которые содержат методику математической обработки результатов наблюдений и предложения по интерпретации полученных результатов.