**ГЕОДЕЗІЯ**

УДК 528.48

В. К. Чибіряков, *д-р техн. наук, професор*,
В. С. Староверов, *канд. техн. наук, професор*,
З. М. Кравченко, *асп. кафедри інженерної геодезії*
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОБҐРУНТУВАННЯ ТОЧНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ У ВИСОТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

У статті розглянуто методика дослідження й обґрунтування точності виконання геодезичних робіт у висотному будівництві. Методика полягає у вивченні впливу похибок виконання геодезичних, монтажних робіт і похибок визначення параметрів ґрунтової основи за допомогою моделювання напружено-деформованого стану (НДС) системи "споруда – ґрунтова основа". Наведено результат моделювання та виконано розрахунок допустимої похибки зведення висотної споруди.

Ключові слова: геодезична точність; моделювання; параметри ґрунту.

Вступ. Питання обґрунтування точності виконання геодезичних робіт під час зведення висотних споруд є актуальним. Точність виконання геодезичних робіт повинна бути обґрунтованою і забезпечувати надійну експлуатацію висотних споруд. Надійність висотних споруд залежить від фізико-механічних показників системи «споруда – ґрунтова основа»; геометричних форм, які характеризують напружено-деформований стан (НДС) всієї системи. На підставі аналізу нормативних документів можна дійти висновку, що точність виконання геодезичних робіт встановлюється на основі геометричних й імовірнісних методів оцінки впливу випадкових похибок, при цьому не беруть до уваги НДС системи, похибки моделювання НДС і похибки вихідних параметрів системи.

Постановка завдання. На наш погляд, в обґрунтуванні точності геодезичних робіт треба брати до уваги характеристики НДС системи. Загалом методика дослідження й обґрунтування точності геодезичних робіт у висотному будівництві складається з таких етапів:

1. Аналіз можливих деформацій ґрунтової основи з оцінкою точності величини деформації.

2. Вибір розрахункової моделі системи «споруда – ґрунтова основа» з метою врахування впливу на НДС випадкових похибок виконання геодезичних і монтажних робіт, а також похибок параметрів ґрунтової основи.

3. Аналіз зусиль і деформацій системи, визначення їх середніх квадратичних похибок (СКП).

4. Оцінка надійності розрахункової моделі висотної споруди, аналіз граничних станів і визначення гранично допустимої похибки просторового положення вузлів моделі.

5. Розрахунок точності геодезичних робіт.

Розглянемо більш детально кожен етап описаної вище методики обґрунтування точності геодезичних робіт у висотному будівництві.

Основна частина. Ґрунтова основа є дисперсійним середовищем, поведінка якої описується рядом фізико-механічних параметрів. Від цих параметрів залежать напруження і деформації ґрунтових масивів [1]. Оскільки фізико-механічні параметри ґрунтової основи, які визначають лабораторними та / або польовими методами і є функціями вимірних величин, треба досліджувати їх дисперсійний характер. Більш того, зразки ґрунтового масиву мають природну варіацію параметрів і досліджуються в незначному діапазоні тиску. Потрібно оцінити також усереднені значення модулів деформації, коефіцієнтів відносної стисливості, коефіцієнтів Пуассона тощо шляхом визначення СКП. Варіації модуля деформації як основного показника несучої здатності ґрунтового масиву можуть сягати 30% і більше в межах ділянки забудови, тому цьому питанню слід приділяти увагу.

Аналіз кінцевого осідання фундаменту. У моделюванні НДС системи «споруда – ґрунтова основа» однією з найбільш поширених і найбільш простою моделлю поведінки ґрунтової основи є модель Вінклера – Фусса, основною фізичною характеристикою якої є так званий коефіцієнт постелі. Оскільки коефіцієнт постелі можна визначити через величину кінцевого осідання ґрунтової основи, слід проаналізувати СКП визначення ймовірного кінцевого осідання. Одним з найбільш простих варіантів визначення кінцевого осідання ґрунтової основи є метод пошарового підсумовування. Величина осідання лінійно деформованого півпростору, обчислена за спрощеною формулою, дорівнює [2]:

$$S = 1,44 \cdot \frac{\eta}{\eta + 1} \cdot \frac{(p - \sigma_{zg,0}) \cdot b}{\sum_{i=1}^n \frac{E_i \cdot h_i \cdot z_i}{0,5 \cdot H_C^2}} \quad (1)$$

Визначимо СКП величини кінцевого осідання таким чином:

$$\left. \begin{aligned} m_{S_{E_i}}^2 &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial S}{\partial E_i} \right)^2 \cdot m_{E_i}^2 \\ \frac{\partial S}{\partial E_i} &= \frac{2,88 \cdot \eta \cdot b \cdot h_i \cdot z_i \cdot (\sigma_{zg,0} - p)}{H_C^2 \cdot (\eta + 1) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{2 \cdot E_i \cdot h_i \cdot z_i}{H_C^2} \right)^2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де η – співвідношення сторін фундаменту; p – середній тиск під подошвою фундаменту; $\sigma_{zg,0}$ – вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на рівні подошви фундаменту; b – ширина фундаменту; E_i – модуль деформації шару ґрунтового масиву; h_i – висота окремого шару; z_i – відстань від середини окремого шару до нижньої межі товщі, що стискається; H_c – глибина товщі, що стискається; m_{E_i} – СКП визначення модуля деформації окремого шару ґрунтового масиву; $m_{S_{E_i}}$ – загальна СКП визначення кінцевої величини осідання фундаменту висотної споруди.

Таким чином, можна оцінити СКП величини осідання ґрунтового масиву, враховуючи похибки визначення модулів деформації окремих шарів ґрунтової основи, а за потреби врахувати й інші похибки величин, що входять у формулу (1).

Розрахункова модель системи. У будівельній механіці розроблено цілу ієрархію розрахункових моделей, які дають змогу досліджувати НДС певної системи з різним ступенем точності. На основі найбільш складних розрахункових моделей виконують проектування споруд. Для оцінювання рівня НДС відповідно до поставленого в роботі завдання розрахункова модель повинна бути досить простою й одночасно адекватною. З будівельної механіки відомо, що для висотних споруд такою моделлю може бути стержнева модель. Таким чином, взято розрахункову модель у вигляді пружного стержня змінної жорсткості, який закріплений в нижній точці п'ятьма пружинами (рис. 1).

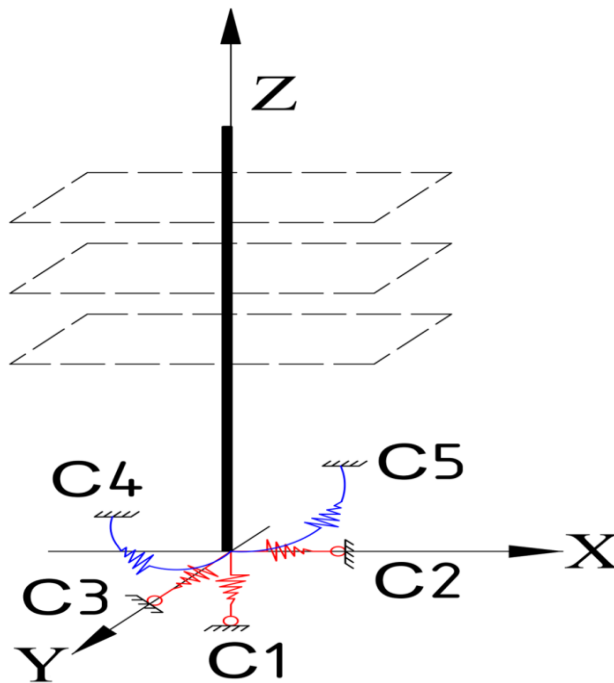


Рис. 1. Модель у вигляді стержня

Переміщення стержня обмежується п'ятьма зв'язками заданої жорсткості: одним вертикальним C1 (уздовж осі Z), двома горизонтальними C2, C3 (уздовж осей X, Y) і двома зв'язками, що працюють на крутіння (в площинах XOZ, YOZ),

які моделюють всі варіанти взаємодії споруди з ґрунтовою основою. Варіювання жорсткістю цих пружних зв'язків дає змогу взяти до уваги всі можливі варіанти закріплення стержня. Змінна жорсткість стержня відображає конструктивні отвори в несучих стінах (вікна та ін.) висотної споруди. Визначають також головні центральні моменти інерції плоского перерізу (за планами поверхів) висотної споруди.

Математичною моделлю висотного споруди і ґрунтової основи є диференціальні рівняння, записані як система диференціальних рівнянь першого порядку (форма Коші), у якій невідомі функції, які входять до них, повинні задовольняти граничним умовам:

$$\left. \begin{aligned} \frac{du}{dz} &= \frac{N}{EF(z)}; \frac{dv}{dz} = \varphi_x; \frac{dw}{dz} = \varphi_y; \frac{d\varphi_y}{dz} = \frac{M_y}{EI_y(z)}; \frac{d\varphi_x}{dz} = \frac{M_x}{EI_x(z)}; \\ \frac{dN}{dz} &= q_z; \frac{dQ_y}{dz} = 0; \frac{dQ_x}{dz} = 0; \frac{dM_y}{dz} = Q_x \pm m_y; \\ \frac{dM_x}{dz} &= -Q_y \pm m_x \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

де $EF(z)$ – жорсткість пружного стержня; q_z – інтенсивність поздовжнього (по вертикалі) навантаження; m_y і m_x – враховують розподілені моменти, які виникають за відцентрового додатка поздовжніх навантажень. Оскільки в розрахунковій моделі використовується значення коефіцієнта постелі C_1 , то треба визначити СКП обчислення цього коефіцієнта з урахуванням похибок визначення модулів деформації окремих шарів ґрунтової основи. Коефіцієнт постелі C_1 ґрунтової основи обчислюють за формулою [3]:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{E_{\text{гп}}}{H_c \cdot (1 - 2 \cdot m_{\text{гп}}^2)}; \\ E_{\text{гп}} &= \frac{H_c}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{u_i \cdot E_i} \right)}; \quad u_i = \frac{11 \cdot z_i^2}{H_c^2} + 1; \\ m_{C_1}^2 &= \left(\frac{\partial C_1}{\partial E_{\text{гп}}} \right)^2 \cdot m_{E_{\text{гп}}}^2; \quad m_{E_{\text{гп}}}^2 = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\partial E_{\text{гп}}}{\partial E_i} \right)^2 \cdot m_{E_i}^2 \right]; \\ \left(\frac{\partial C_1}{\partial E_{\text{гп}}} \right)^2 &= \frac{1}{H_c^2 \cdot (1 - 2 \cdot m_{\text{гп}}^2)^2}; \quad \left(\frac{\partial E_{\text{гп}}}{\partial E_i} \right)^2 = \frac{H_c^2 \cdot h_i^2}{E_i^4 \cdot u_i^2 \cdot \left(\sum_{i=1}^n u_i \right)^4}; \\ m_{C_1}^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{H_c^2 \cdot h_i^2}{E_i^4 \cdot u_i^2 \cdot \left(\sum_{i=1}^n u_i \right)^4} \right) \cdot m_{E_i}^2 \right]}{H_c^2 \cdot (1 - 2 \cdot m_{\text{гп}}^2)^2}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де $m_{тр}$ – усереднений коефіцієнт Пуассона ґрунтового масиву; u_i – поправковий коефіцієнт, що змінюється по квадратній параболі. Після визначення СКП коефіцієнта постелі m_{C_1} її можна використовувати для моделювання НДС системи «споруда – ґрунтова основа» й аналізувати вплив похибки на результати обчислень НДС.

Випадкові векторіальні похибки. Отже, розглянуто процедуру дисперсійного аналізу коефіцієнта постелі m_{C_1} і величини кінцевого осідання висотної споруди, далі слід проаналізувати вплив випадкових похибок виконання геодезичних робіт і похибок монтажу конструктивних елементів, які трапляються під час зведення висотних споруд на монтажних горизонтах. Такий підхід дає можливість досліджувати вплив випадкових похибок на НДС системи «споруда – ґрунтова основа».

На етапі проектування можна визначити СКП моделювання НДС системи і проаналізувати вплив похибок вихідних параметрів на експлуатаційні зусилля і деформації, що виникають в конструкціях.

Розглянемо принципову схему накопичення випадкових похибок у процесі зведення висотної споруди. На рис. 2 наведено найпростіший спосіб передачі планової основи. Методика полягає в передачі простої геометричної фігури на монтажний горизонт висотного споруди (базової лінії) за методом вертикального проектування базових точок з вихідного монтажного горизонту.

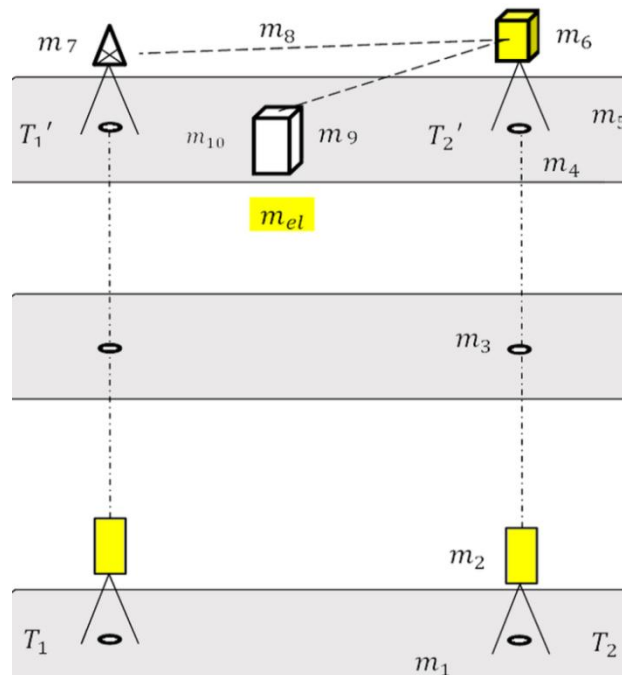


Рис. 2. Принципова схема накопичення випадкових похибок

У процесі проектування і подальшого розмічування планової основи, безумовно, трапляються випадкові геодезичні похибки. Наводимо основні векторіальні похибки: m_1 – СКП планового визначення положення точок T_1 і T_2 ; m_2 – СКП центрування приладу вертикального проектування; m_3 – СКП

вертикального проектування; m_4 – СКП фіксації точок T'_1 і T'_2 на монтажному горизонті; m_5 – СКП центрування тахеометра на монтажному горизонті; m_6 – СКП передачі позначки H_i на монтажний горизонт; m_7 – СКП центрування геодезичної марки (призми); m_8 – СКП візування геодезичної марки (призми); m_9 – СКП виносу проектних осей конструктивного елемента; m_{10} – планова СКП виконання монтажних робіт; m_{el} – сумарна СКП планово-висотного положення вузла споруди.

Для більш спрощеного і наочного варіанта дослідження впливу випадкових похибок на просторове положення конструктивних елементів висотної споруди можна припустити таке:

1. Зміщення вертикальних несучих елементів (колон, пілонів та ін.) зумовлене тільки плановими похибками, при цьому сам елемент залишається вертикальним.

2. Планові зміщення моделюють уздовж головних осей споруди.

3. Моделюють ситуацію, коли на кожному монтажному горизонті випадкова похибка по черзі змінює знак, а величина похибки є функцією від висоти споруди.

Описані вище зміщення конструктивних елементів викликають додаткові моменти в розрахунковій моделі, змінюючи при цьому характер НДС системи. Припустимо, що геометричний центр конструктивного елемента є так званим вузлом системи. Положення цього центра залежить від точності виконання розмічувальних робіт на монтажному горизонті і точності передачі планово-висотної геодезичної основи на монтажний горизонт.

Оскільки випадкові похибки мають тривимірний характер прояву, то потрібно досліджувати ймовірність попадання вузла системи в певну область, обмежену тією або іншою геометричною поверхнею. Скористаємося законом тривимірного нормального розподілу випадкової векторіальної похибки, яка характеризує ймовірність попадання вузла в еліпсоїд розсіювання певного об'єму. Якщо еліпсоїд розсіювання має однакову щільність розподілу випадкової величини уздовж головних піввісей еліпсоїда, то ймовірність попадання випадкової величини в об'єм дорівнює [4]:

$$P(V_{el}) = 2 \cdot \Phi(k) - 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot k \cdot e^{-\left(\frac{k^2}{2}\right)} \left. \vphantom{P(V_{el})} \right\}, \quad (5)$$

$$k = \frac{a}{\sigma_x} = \frac{b}{\sigma_y} = \frac{c}{\sigma_z}$$

де k – параметр співвідношення; a, b, c – головні півосі еліпсоїда розсіювання; $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – проекції випадкової векторіальної величини на осі ортогональної тривимірної системи координат; $\Phi(k)$ – нормальна функція розподілу випадкової векторіальної величини.

Оскільки монтажні горизонти висотних споруд часом мають довгасту, асиметричну форму, а також різні застосовувані методики геодезичного

забезпечення, то еліпсоїд розсіювання може мати певну орієнтацію відносно до головних осей споруди. Отже, треба визначити параметри орієнтації еліпсоїда розсіювання [5].

Результат моделювання НДС системи. Моделювання складається з кількох етапів. Спочатку моделюють НДС системи за розрахунковими проектними даними, нехтуючи варіацію коефіцієнта постелі і похибки виконання геодезичних робіт і монтажу. Потім вносять зміни у вихідні дані на величину СКП; враховують додаткові моменти і виконують розрахунки.

У результаті моделювання НДС системи отримуємо і можемо проаналізувати такі величини:

- значення зусиль і СКП їх моделювання;
- значення переміщень вузлів і СКП їх моделювання.

Розрахунок допустимої похибки зведення висотної споруди. Для визначення несучої здатності моделі висотної споруди можна скористатися нормами розрахунку напружено-деформованого стану залізобетонних перерізів. Напругу в перерізі визначають за виразом [6]:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_c &= \frac{f_{(ck)} \cdot (k \cdot \eta - \eta^2)}{1 + (k - 2) \cdot \eta} \\ k &= \frac{1,05 \cdot E_{ck} \cdot \varepsilon_{c1,ck}}{f_{ck,prism}} \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

де $f_{(ck)}$ – нормативна міцність бетону на стиск; k – коефіцієнт; η – коефіцієнт обліку різних чинників – рекомендована величина $\eta = 1$; E_{ck} – модуль пружності бетону; $\varepsilon_{c1,ck}$ – деформація стиснення бетону; $f_{ck,prism}$ – нормативна міцність призматичного зразка.

Виразимо значення допустимої напруги в перерізі σ_n через граничний згинальний момент $M_{гран}$ і момент опору W_o відповідного перерізу:

$$M_{гран} = \sigma_n \cdot W_o = \frac{\sigma_n \cdot J_x}{y_{max}} = \frac{f_{(ck)} \cdot (k \cdot \eta - \eta^2) \cdot J_x}{(1 + (k - 2) \cdot \eta) \cdot y_{max}}, \quad (7)$$

де J_x – головний момент інерції перерізу; y_{max} – максимальне віддалення краю перерізу від центра ваги уздовж осі y . Згинальний момент в i -му перерізі висотної споруди можна записати у вигляді рівності:

$$M_i = N_i \cdot e_i, \quad (8)$$

де N_i – рівнодійна сила; e_i – ексцентриситет прикладання сили.

Оскільки поверхи висотної споруди є однотипними, то граничний допустимий момент для всіх поверхів є постійним, а значення сили N_i залежить від висоти, тоді величина ексцентриситету e_i також може змінюватися з висотою перерізу. Згинальний момент M_i у вузлі моделі (рис. 3) можна записати так:

$$M_i = N_i \cdot (e_i \mp m_{el}), \quad (9)$$

де m_{el} – сумарна СКП визначення просторового положення вузла (похибки виконання геодезичних робіт і монтажу); e_i – ексцентриситет, зумовлений креном фундаменту.

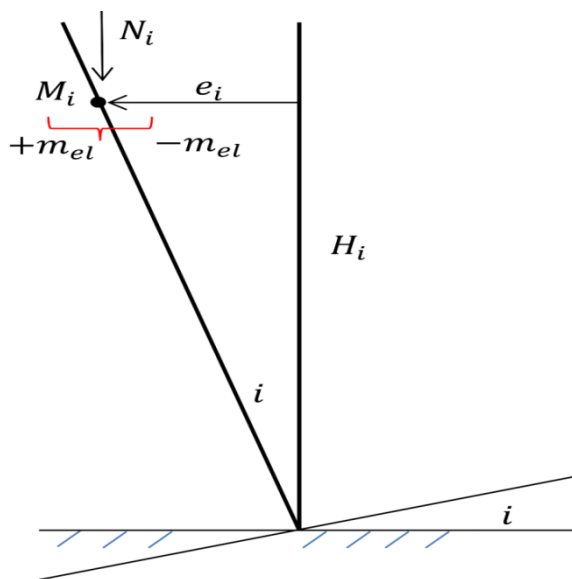


Рис. 3. Згинальний момент у вузлі

Крен висотного споруди, що залежить від крену фундаменту, можна визначити за формулою:

$$i = \frac{(1 - \nu^2) \cdot k_e \cdot N_{bl} \cdot e_{N_{bl}}}{E \cdot (a/2)^3}, \quad (10)$$

де ν – коефіцієнт поперечної деформації; E – модуль деформації ґрунту; k_e – табличний коефіцієнт; N_{bl} – рівнодіюча всіх навантажень на фундамент; $e_{N_{bl}}$ – ексцентриситет рівнодіючої всіх навантажень; a – сторона фундаменту, в напрямку якої виникає згинальний момент.

Значення змінної величини e_i можна записати так:

$$e_i = f(H) = i \cdot H_i. \quad (11)$$

Визначимо СКП значення згинального моменту у вузлі моделі:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_i = N_i \cdot ((i \cdot H_i) \mp m_{el}); \\ m_{M_i}^2 = \left(\frac{\partial M_i}{\partial e_i} \right)^2 \cdot m_{e_i}^2 + m_{el}^2 + m_{M_i(C_i)}^2; \quad \frac{\partial M_i}{\partial e_i} = N_i; \\ m_{e_i}^2 = \left(\frac{\partial e_i}{\partial i} \right)^2 \cdot m_i^2 = (H_i)^2 \cdot m_i^2; \\ m_i^2 = \left(\frac{\partial i}{\partial E} \right)^2 \cdot m_E^2 = \left(\frac{4 \cdot N_{bl} \cdot e_{N_{bl}} \cdot k_e \cdot (\nu^2 - 1)}{E^2 \cdot a^2} \right) \cdot m_E^2; \\ m_{M_i}^2 = (N_i)^2 \cdot \left((H_i)^2 \cdot \left[\left(\frac{4 \cdot N_{bl} \cdot e_{N_{bl}} \cdot k_e \cdot (\nu^2 - 1)}{E^2 \cdot a^2} \right)^2 \cdot m_E^2 \right] \right) + m_{el}^2 + m_{M_i(C_i)}^2 \end{array} \right. \quad (12)$$

де m_E – СКП визначення модуля деформації ґрунтової основи; $m_{M_i(C_i)}$ – СКП моделювання величини моменту за варіації коефіцієнта постелі моделі; m_{el} – сумарна СКП визначення просторового положення вузла; m_i – СКП визначення гіпотетичного крену фундаменту висотної споруди; m_{e_i} – СКП визначення величини ексцентриситету в i -му вузлі моделі.

Таким чином, можна проаналізувати і дослідити вплив похибок на величину гіпотетичної величини згинального моменту у вузлі моделі висотної споруди.

Запишемо критичну умову роботи перерізу:

$$M_i + m_{M_i} \leq M_{\text{гран}}. \quad (13)$$

Припустимо, що значення експлуатаційного моменту перерізу M_i і граничного згинального моменту $M_{\text{гран}}$ співвідносяться таким чином:

$$(M_i + m_{M_i}) \cdot 1,2 = M_{\text{гран}}. \quad (14)$$

Очевидно, що запас згинального моменту становить 20%. Приріст моменту ΔM можна виразити таким чином:

$$\Delta M = M_{\text{гран}} - \frac{M_{\text{гран}}}{1,2} = 0,16 \cdot M_{\text{гран}}, \quad (15)$$

$\Delta M = N_i \cdot e_{\text{гран}}$, при цьому в кожному вузлі $N_i = \text{const}$

$$0,16 \cdot M_{\text{гран}} = N_i \cdot e_{\text{гран}}, \quad (16)$$

$$e_{\text{гран}} = \frac{0,16 \cdot M_{\text{гран}}}{N_i} = \frac{0,2 \cdot (M_i + m_{M_i})}{N_i}. \quad (17)$$

Тепер потрібно виразити граничне значення ексцентриситету через складову крену ($i \cdot H_i$) і граничну величину зміщення конструктивного елемента з урахуванням похибок виконання геодезичних і монтажних робіт $\Delta_{el, \text{гран}}$:

$$\frac{0,2 \cdot (M_i + m_{M_i})}{N_i} = i \cdot H_i + \Delta_{el, \text{гран}}, \quad (18)$$

$$\Delta_{el, \text{гран}} = f(H) = \frac{0,2 \cdot (M_i + m_{M_i})}{N_i} - i \cdot H_i. \quad (19)$$

Таким чином, величина $\Delta_{el, \text{гран}}$ досліджена з урахуванням взаємної роботи висотної споруди і ґрунтової основи, урахуванням похибок можливого крену висотної споруди; похибок визначення модуля деформації ґрунтової основи і похибок безпосереднього моделювання. Порівнюючи величини $\Delta_{el, \text{гран}}$ і $|m_{el}|$, можна дійти висновку щодо потрібної точності виконання геодезичних робіт. Оскільки, m_{el} визначається сумарним впливом регламентованих ДБН В.1.3-2-2010 СКП виконання геодезичних робіт і монтажу, а величина отримана шляхом дослідження НДС системи «споруда – ґрунтова основа», то їх порівняння підлягає дослідженню.

Розрахунок точності виконання геодезичних робіт. Дослідження допустимої похибки положення вузла моделі висотної споруди свідчать про те, що на цю величину впливає цілий ряд похибок. Висотні споруди зазнають значної

напруги з боку зовнішніх факторів і власної ваги. За відцентрового прикладання нормальної сили у вузлі виникають додаткові зусилля.

Допустима СКП положення вузла $\Delta_{el,гран}$ відносно осі може бути записана так:

$$\Delta_{el,гран}^2 = m_{\Gamma}^2 + m_M^2 + m_B^2 + m_T^2 + m_{cp}^2, \quad (20)$$

де m_{Γ} – похибка лінійних і кутових геодезичних вимірювань; m_M – похибки монтажних робіт; m_B – похибки внаслідок вітрового навантаження; m_T – похибки внаслідок температурного впливу; m_{cp} – похибка статичної роботи споруди і ґрунтової основи. Якщо застосувати принцип рівного і незалежного впливу кожної похибки, отримаємо:

$$m_{\Gamma}^2 \leq \frac{\Delta_{el,гран}^2}{\sqrt{n}}, \quad (21)$$

де n – кількість джерел похибок. У той же час СКП m_{Γ} , складається з ряду геодезичних похибок $m_1, m_2, m_3 \dots m_{10}$, описаних раніше.

Висновок. Описана методика обґрунтування точності виконання геодезичних робіт у висотному будівництві дає змогу більш детально дослідити і врахувати вплив випадкових похибок на НДС системи «споруда – ґрунтова основа», а також на точність виконання геодезичних робіт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б В.2.1-7-2000: Ґрунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформованості. – К.: Держстандарт України – 2000. – 80 с.
2. ДБН В.2.1-10-2009: Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України – 2009. – 90 с.
3. ЛИРА 9.4: руководство пользователя. Основы: учеб. пособие. Е.Б. Стрелец-Стрелецкий, В.Е. Боговис, Ю.В. Гензерский, Ю.Д. Гераймович, Д.В. Марченко, В.П. Титок. – К.:ФАКТ, 2008. – 164 с.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. / Е.С. Вентцель. – М.: НАУКА – 1969. – 576 с.
5. Абезгауз Г.Г. Справочник по вероятностным расчетам. / Г.Г. Абезгауз. – М.: Воениздат – 1970. – 536 с.
6. ДБН В.2.6-98:2009: Бетонні та залізобетонні конструкції. – К.: Мінрегіонбуд України – 2011. – 75 с.

REFERENCES

1. Hrunty. Metody polovoho vyznachennia kharakterystyk mitsnosti i deformovanosti [Soils. Methods of the field determining the strength and deformation characteristics]. (2000). DSTU B V.2.1-7-2000 from 9th October 2000. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
2. Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennia proektuvannia [Basis and foundation structures. The main provisions of the design]. (2009). DBN V.2.1-10-2009 from 1st July 2009. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].
3. Strelets-Streletskyi E. B., Bohovys V. E., Henzerskyi Yu. V., Heraimovych Yu. D., Marchenko D. V., Tytok V. P. (2008). *Rukovodstvo polzovatelja. Osnovy* [User's manual. Basics]. Kyiv: FAKT [in Russian].
4. Venttsel E.S. (1969). *Teoriia ymovirnostei [Theory of probability]*. Moscow: NAUKA [in Russian].
5. Abezghauz H.H. (1970) *Spavochnyk po veroiatnostnym raschetam* [Handbook of Probabilistic Calculations]. Moscow: Voenizdat [in Russian].
6. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii [Concrete and reinforced concrete structures]. (2011). DBN V.2.6-98:2009 from 1st June 2011. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].

**В. К. Чибиряков,
В. С. Староверов,
З. М. Кравченко**

**ОБОСНОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ
В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В статье рассматривается методика исследования и обоснования точности выполнения геодезических работ в высотном строительстве. Методика подразумевает исследование влияния ошибок выполнения геодезических, монтажных работ и ошибок определения параметров грунтового основания с помощью моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) системы “сооружение – грунтовое основание”. Приведен результат моделирования и выполнен расчет допустимой погрешности строительства высотного сооружения.

Ключевые слова: геодезическая точность, моделирование, параметры грунта.

**V. Chibiriakov,
V. Staroverov,
Z. Kravchenko**

**REASONING OF ACCURACY OF GEODETIC WORKS IN BUILDING
CONSTRUCTION**

Research methodology and reasoning of an accuracy of geodetic works in building construction were considered. The methodology presumes an investigation of the influence of geodetic, erection work and measuring the fault of parameters of soil foundation with the help modeling of stress-strain state system “building-soil foundation”.

There has been observed that dependability of high-rise building depends on mechanical-and-physical properties system "building-soil foundation", a geometrical configuration that characterizes the stress-strain state all system.

Analysis of mechanical-and-physical properties of soil foundation with the reliability evaluation and their decision were fulfilled.

The formula for a definition of root-mean-square error slump of soil foundation depends upon determining deformation error of separate soil layer was deduced.

The calculation model system presented as elastic nail of variable rigidity with the establishment of it basic conditions was considered.

The analysis of established functional connection between models of soil foundation and building with the definition of the mean square error of calculates the value modulus of subgrade reaction was fulfilled.

Random vector errors that influence on the uniqueness definition characteristics of the stress-strain state system were considered and analyzed.

The methodology of construction the space geodetic network of building with detail analysis of all errors is represented.

The simulated result of the strain deformable system is given. The calculation of permissible error building was fulfilled.

Keywords: *geodetic accuracy; modeling; soil parameters.*

Надійшла до редакції

02.05.2017

УДК 528.48

О.М. Самойленко, *д-р техн. наук, професор,*
О. В. Адаменко, *канд. техн. наук, доцент*
Київський національний університет будівництва і архітектури
Б.П. Кукарека, *старший науковий співробітник*
ДП «Всеукраїнський науково-виробничий центр стандартизації,
метрології, сертифікації та захисту прав споживачів»
(ДП «Укрметртестстандарт»)

ПРОБЛЕМА ВІДТВОРЕННЯ ЕТАЛОННОЇ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ОПТИЧНОЇ ОСІ ПІД ЧАС ПОВІРКИ ТА КАЛІБРУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Нині у світі у виробників приладів немає єдиної технічної політики в галузі калібрування приладів для вимірювання вертикального площинного кута відносно горизонтальної площини. Для калібрування теодолітів і тахеометрів, нормована середня квадратична похибка вимірювань якими становить 0,5" або 1", потрібні еталонні прилади та методика вимірювань ними, що дало б змогу відтворювати горизонтальну оптичну вісь з розширеною невизначеністю, не більшою за 0,3". В роботі виконано опис та аналіз найбільш поширених методів, використовуваних у світі для відтворення горизонтальної візирної осі. Як показано у роботі,