

УДК 528.4

Шульц Р.В., Дем'яненко Р.А.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЛІФТОВОЇ ШАХТИ СТЕРЕОФОТОГРАМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Постановка проблеми Будівництво споруд високої етажності є актуальною проблемою сучасного будівництва. Цілком зрозуміло, що такі будівлі (етажність до 40 поверхів) обладнані найсучаснішим ліфтовим обладнанням. З розвитком висотного будівництва проблема геодезичного забезпечення ліфтових шахт постала досить гостро. Сучасні будівельні технології вимагають застосування сучасних геодезичних технологій. Методи та засоби, що застосовуються працівниками ліфтових служб є придатними для будівель з кількістю поверхів не більше 16. Одним з сучасних методів, що отримав новий поштовх з розвитком цифрових технологій є метод наземної фотограмметрії.

Огляд попередніх публікацій До теперішнього часу кількість публікацій, що присвячені геодезичному забезпеченню ліфтів була достатньо незначною. Це пов'язане в першу чергу з тим, що при висоті будівель до 16 поверхів будівництво та обслуговування ліфтів цілком залежало від працівників ліфтових служб. При будівництві унікальних висотних об'єктів таких як наприклад телевежі, проект геодезичних робіт в кожному випадку складався окремо і відповідно також був унікальним і в більшості випадків непридатним для цивільного будівництва (складність устаткування та виконання робіт, висока вартість обладнання та ін.). Одна з перших спроб систематизувати геодезичні методи забезпечення ліфтів була виконана в роботі [5]. Проте поява сучасних приладів вимагає перегляду багатьох положень роботи [5] та нормативних документів [6, 7], що існують на даний момент.

Постановка завдання Мета даної роботи є розробка технології фотограметричних робіт при будівництві та моніторингу стану ліфтових шахт та ліфтового устаткування будівельних споруд високої етажності з використанням сучасних цифрових технологій.

Основний зміст роботи При виконанні геодезичного знімання контрольних точок ліфтових шахт, за допомогою електронного тахеометру, в зв'язку з обмеженістю простору, можливість встановити прилад є тільки на міжповерховій плиті перекриття в дверному отворі. Але при цьому виникають закриті зони, які не дозволяють виконати наведення на контрольні точки 2, 5, рис. 1.

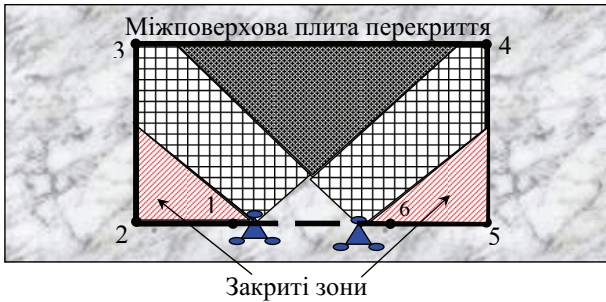


Рис. 1 . Схема розташування закритих зон

Аналогічна ситуація повторюється при спробі виконати фотографування з дверного отвору. Для визначення положення точок, що знаходяться в закритих зонах пропонується виконувати фотографування не з дверного отвору, а зверху та знизу безпосередньо одразу після зведення кожного блоку ліфтової шахти. В такому випадку можливі два варіанти розташування цифрових фотокамер: перший – з горизонтальним базисом, другий – з вертикальним базисом, рис. 2.

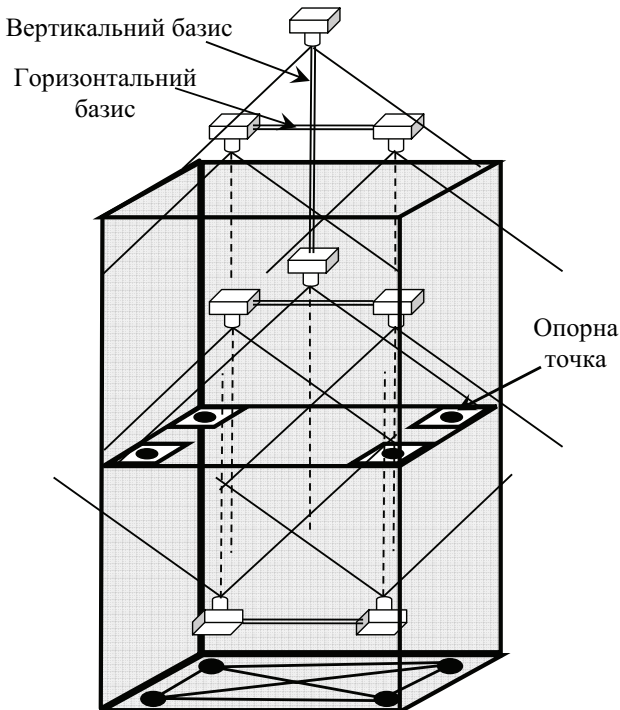


Рис. 2 Можливі варіанти цифрового фотознімання

Для визначення просторових координат контрольних точок (x ; y ; z) необхідно ввести єдину систему координат для виконання знімання контрольних точок по всій висоті ліфтової шахти. Найбільш зручним та точним є метод передачі координат шляхом вертикального лазерного променя. Висоти зазвичай передають електронним тахеометром. Слід пам'ятати, що при контролі ліфтових шахт допуски на визначення планових координат є на порядок вищими в порівнянні з допусками на висотну складову. Схема передачі координат на опорні точки, які задають систему координат в ліфтовій шахті представлено на рис. 2.

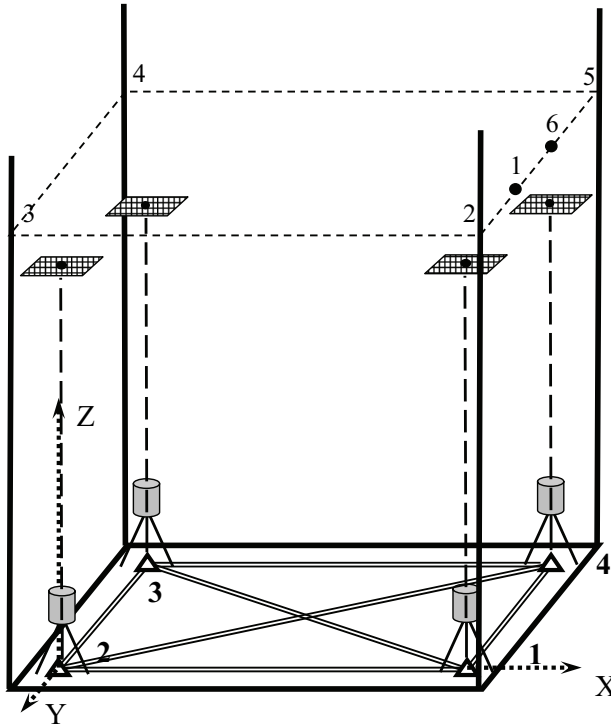


Рис. 3 Передача координат на опорні точки

Перш ніж вести мову про визначення контрольних точок знайдемо точність визначення координат опорних точок. Розрахуємо похибку визначення координат, при цьому врахуємо наступні джерела похибок:

- $m_{вих} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2 + m_z^2}$ - похибка вихідних даних, викликана похибками в побудові геодезичної основи або монтажного базису на першому поверсі ліфтової шахти;

- $m_{Ц}$ - похибка центрування лазерного приладу вертикального проектування;
- $m_{ПР} = 0.27 + 0.0141H$ - похибка проектування точки на монтажний горизонт, відповідно до роботи [4] (формула отримана за дослідженнями проф. С.П. Войтенко);
- $m_{\phi} = 0,5H^{-5} + 1$ - похибка фіксації положення лазерної плями на палетці, відповідно до роботи [4];
- $m_{ВИС}$ - похибка передачі висоти, оскільки передача виконується з використанням електронних тахеометрів, а відстань не перевищує 120 м, то ця похибка фактично залежить лише від постійної складової похибки конкретного тахеометра або світловіддалеміра.

Для попередніх розрахунків оберемо електронний тахеометр Sokkia SET 530 RK3. Заявлена виробником точність вимірювання: горизонтальних і вертикальних кутів – $m_{\beta} = 5''$; відстані на призму – $m_s = 2 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot S$; Для отримання похибки координат лазерної плями на палетці отримаємо наступний вираз:

$$m_{ЛП} = \sqrt{m_{ВИХ}^2 + m_{Ц}^2 + m_{ПР}^2 + m_{\phi}^2 + m_{ВИС}^2} \quad (1)$$

Таблиця 2

Попередній розрахунок точності визначення координат контрольних точок

Висота шахти Н, м	$m_{ВИХ}$	$m_{Ц}$	$m_{ПР}$	m_{ϕ}	$m_{ВИС}$	$m_{ЛП}$
40	0,5	0,5	0,8	1,2	2	2,6
80	0,5	0,5	1,4	1,4	2	2,9
120	0,5	0,5	2,0	1,6	2	3,3

Якщо прийняти, що згідно з [6] максимальне відхилення ліфтової шахти в плані по діагоналі не повинно перевищувати 20 мм, то отримана в таблиці 1 точність цілком задовольняє висунутим вимогам.

Тепер з'ясуємо, чи можливо використати опорні точки для орієнтування пари знімків з подальшим визначенням інших точок за стереопарою, що орієнтована в системі координат ліфтової шахти. Для цього визначимо максимальну відстань при якій забезпечується необхідна точність визначення координат [1]

$$Z_{\max} = f \frac{m_{X,Y}}{\sqrt{m_p^2 + m_{x,y}^2}} \quad (2)$$

$m_{X,Y}$ - задані СКП визначення планових координат;

m_p, m_x, m_y - похибки вимірювання координат і поздовжнього паралаксу.

При визначенні похибок $m_{X,Y}$ слід врахувати похибки визначення координат контрольних точок. Якщо вважати допуск в 20 мм граничним, то при переході до СКП будемо мати 8 мм. Врахувавши похибку визначення опорної точки матимемо 7,5 мм. Згідно з принципом рівного впливу для кожної координатної осі матимемо СКП визначення координати точки 5,3 мм. Приймемо точність вимірювання координат на знімку m_x, m_y - 0,01 мм, m_p - 0,015 мм. Для фокусної відстані 50 мм матимемо максимальну робочу відстань рівною 15 м. Отже передачу координат опорних точок необхідно виконувати через кожні 30 метрів.

Для обчислення точності стереофотограмметричних вимірювань використаємо формули фототеодолітного знімання для нормального випадку знімання [2].

$$\begin{aligned} m_X^2 &= \left(\frac{Z(i-m_0)l_x}{Bf} \right)^2 m_B^2 + \left(\frac{Z}{f} \right)^2 m_x^2 + \left(\frac{Z^2(i-m_0)l_x}{Bf^2} \right)^2 m_p^2 \\ m_Z^2 &= \left(\frac{Z}{B} \right)^2 m_B^2 + \left(\frac{Z}{f} \right)^2 m_f^2 + \left(\frac{Z^2}{Bf} \right)^2 m_p^2 \\ m_Y^2 &= \left(\frac{Z(j-n_0)l_z}{Bf} \right)^2 m_B^2 + \left(\frac{Z}{f} \right)^2 m_z^2 + \left(\frac{Z^2(j-n_0)l_z}{Bf^2} \right)^2 m_p^2 \end{aligned} \quad (3)$$

де, i, j - номер стовпчика і рядка ПЗЗ матриці; m_0, n_0 - номер стовпчика і рядка початкового пікселя ПЗЗ матриці; $(i-m_0)l_x = x, (j-n_0)l_z = z$ - значення координат; m_p, m_x, m_z - похибки вимірювання трансформованих координат і поздовжнього паралаксу.

Підвищуючи точність визначення окремих складових формул (3) можна збільшити максимальну відстань фотографування і зменшити таким чином кількість передач координат опорних точок.

Важливим фактором є використання марок відповідного розміру. Розмір марок залежить від роздільної здатності цифрової камери або фотограмметричного сканера та вихідної фотопластинки. Кругова марка повинна бути мінімум 4 пікселі в діаметрі, а прямокутна марка 10-15 пікселів на знімку.

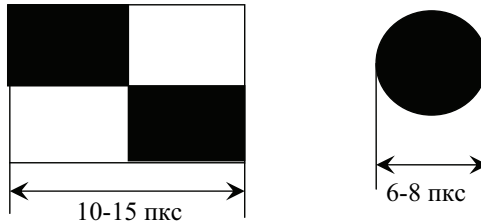


Рис. 4 Вигляд марок на опорних точках

Для обчислення розміру марки слід знати роздільну здатність камери, фокусну відстань та відстань фотографування. Існують певні обмеження на розміри марок. Кругові марки при фотографуванні під значним кутом засічки зображуються як еліпси. В більшості сучасних фотограмметричних програм реалізовано автоматичний алгоритм суб – піксельного вимірювання точок в автоматичному режимі. Ці алгоритми працюють при розмірі точки на знімку мінімум 5 пікселів, звичайно для кращої точності розмір марки повинен бути 8 і більше пікселів. Розрахунок діаметра марки виконують за виразом:

$$D_{\min} = \frac{d \cdot Y_{\max} \cdot L_{mm}}{l_{pix} \cdot f} \quad (4)$$

де d - діаметр марки в пікселях на знімку; $Y_{\max}$ - максимальна відстань фотографування; L_{mm} - фізичний розмір ПЗЗ-матриці по горизонталі або розмір знімка в міліметрах; l_{pix} - розмір ПЗЗ-матриці або знімка по горизонталі в пікселях; f - фокусна відстань.

Виготовлені марки окрім опорних точок бажано закріплювати у тих місцях визначення координат яких обов'язкове.

Практично можна збільшити відстань між опорними точками і зменшити кількість передач координат, якщо виконувати фотографування вниз і вгору з перекриттям. Така ситуація може виникнути при виконанні заключного контролю всієї шахти та спостереженні за станом напрямних ліфтової шахти, що вже експлуатується. В такому випадку схему фотографування можна зобразити наступним чином рис. 5.

Щоб розрахувати очікувану точність використаємо відому формулу накопичення похибок в маршрутній фото триангуляції за способом моделей [3].

$$m_n^2 = m_1^2 (1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2) = m_1^2 \frac{2n^3 + 3n^2 + n}{6} \quad (5)$$

m_n - СКП кінцевої точки ряду; m_1 - СКП вимірювання; n - кількість приєднаних моделей (дорівнює кількості базисів фотографування).

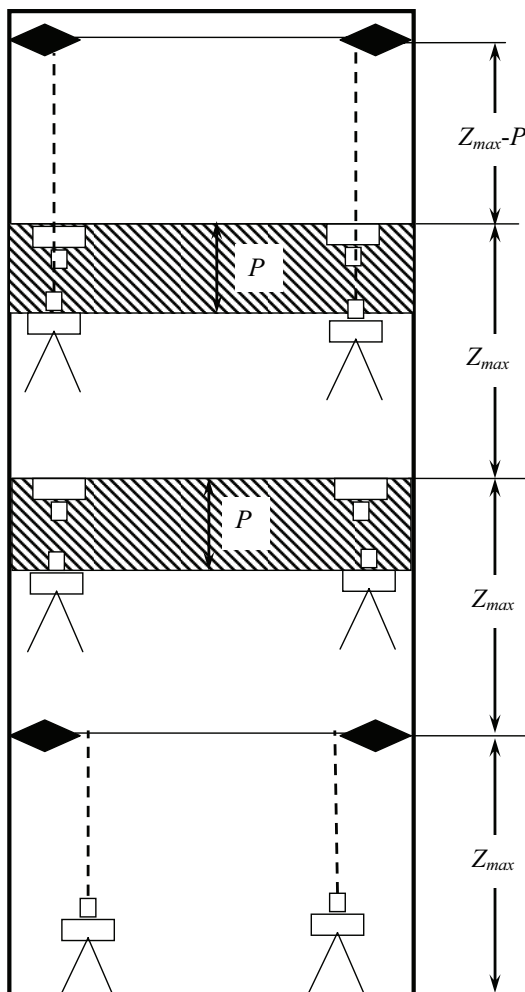


Рис. 5 Виконання фотографування з перекриттям

При такій схемі фотографування найгірше визначатиметься точка в середині між опорними точками. Для розрахунку точності точки в середині використовують формулу (5) в якій значення n замінюють на $n/2$, а остаточний результат ділять на 2. Для визначення точності по координатним осям у формулу (5) замість m_1 підставляють результати з виразів (3).

Висновки. В роботі запропоновано нову технологію визначення положення ліфтової шахти з використанням наземного стереофотограмметричного знімання. Зроблено пропозиції стосовно

використання запропонованої технології при виконанні інженерно-геодезичних робіт під час будівництва споруд високої етажності.

Перспективи. Головним завданням подальших досліджень є експериментальне дослідження запропонованої технології.

Список літератури

1. Сердюков В.М. „Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве” М.: Недра, 1977г. – 245с.
2. Єгоров О.І., Ісасєв О.П., Шульц Р.В., Визначення знімальних зон мобільної картографічної системи з врахуванням похибок цифрового вимірювального блоку // Матер. Міжнар. наук.-практ. конфер. „ГІС – ФОРУМ - 2007”, Київ, 2007 р. - С.101-105.
3. Ильинский Н.Д. Предвычисление погрешностей построения пространственной фототриангуляции. – М.: Недра, 1978. – 64с.
4. Геодезические работы при строительстве мостов В.В. Грузинов, О.Н. Малковский, В.Д. Петров, Под ред. В.А. Коугия, – М.: Недра, 1986.- 346 с.
5. П.И. Баран Геодезические работы при монтаже и эксплуатации оборудования. – М.: Недра, 1990.- С. 120-178.
6. ГОСТ 22845-85 „Лифты электрические пассажирские и грузовые. Правила организации, производства и приемки монтажных работ”
7. Постановление Гостехнадзора РФ от 16 мая 2003 г. №31 „Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации лифтов”.

Аннотация

В работе предложена новая технология определения положения лифтовой шахты с использованием наземной стереофотограмметрической съемки. Сделано предложения касательно использования предложенной технологии при выполнении инженерно-геодезических работ во время строительства сооружений высокой этажности.

Анотація

В роботі запропоновано нову технологію визначення положення ліфтової шахти з використанням наземного стереофотограмметричного знімання. Зроблено пропозиції стосовно використання запропонованої технології при виконанні інженерно-геодезичних робіт під час будівництва споруд високої етажності.