

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ В ЛИФТОВОЙ ШАХТЕ

*В работе представлен алгоритм оптимизации направляющих лифтовых шахт, который учитывает существующие ограничения при вычислении элементов рихтовки направляющих.*

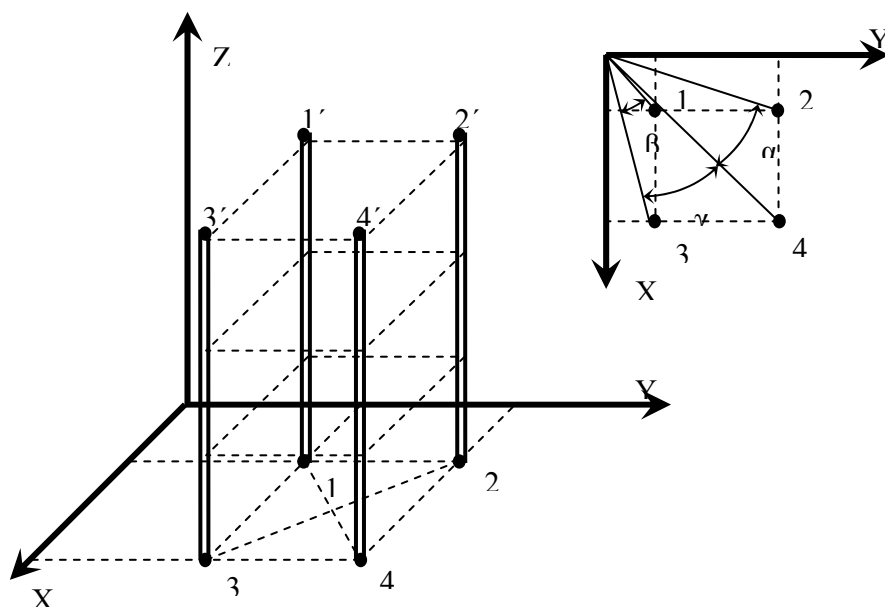
**Постановка проблемы** Высотное строительство в Украине развивается быстрыми темпами. Технологии возведения высотных сооружений претерпевают существенные изменения, в первую очередь связанные переходом на каркасно-монолитное строительство. В городе Киеве максимальная этажность жилых домов достигает 40 этажей. Очевидно, что такие сооружения обеспечиваются современным лифтовым оборудованием. Требования к обеспечению точности монтажа лифтовых шахт и наблюдения за лифтами в процессе эксплуатации являются доминирующими при строительстве и эксплуатации высотных зданий. Важным моментом является невозможность использования традиционных методов геодезического обеспечения лифтов. Таким образом, проблема геодезического обеспечения строительства и эксплуатации лифтов представляет собой актуальную проблему инженерной геодезии.

**Обзор предыдущих публикаций** Предложенная в данной работе тематика довольно редко появлялась в литературе. Это в первую очередь связано с тем, что при количестве этажей до 16 монтаж и обслуживание лифтов и лифтовых шахт являлось специфической задачей отдельных служб по обслуживанию лифтов. Именно с появлением высотных сооружений проблема обслуживания лифтов стала уже проблемой геодезии. Так в работе [2] указывается, что при количестве этажей до 16 монтаж и исполнительную съемку лифтовых шахт и лифтового оборудования можно выполнять с применением отвесов. Естественно, что такие работы может выполнять человек без специальной геодезической квалификации. Лишь с повышением этажности до 25 этажей и выше возникла необходимость привлечения специальных геодезических методов и технологий [3]. При повышенной этажности задача нахождения оптимального положения направляющих трансформируется в самостоятельную проблему. Одна из первых попыток нахождения оптимального положения направляющих с применением методов математического программирования была сделана в работе [4]. Остается актуальной задача нахождения оптимального положения направляющих в пространстве при условии наложения определенных ограничений на положение направляющих.

**Цель** разработка алгоритма нахождения оптимального положения направляющих лифтовых шахт, который позволит уменьшить влияние случайных ошибок измерений, и будет удовлетворять выдвинутым ограничениям.

**Основное содержание работы** Прежде всего остановимся на технологии получения отклонений направляющих от проектного положения. На исходном монтажном горизонте устанавливают минимум два прибора вертикального проектирования или лазерных визира. На  $i$ -ом монтажном горизонте устанавливают специальные палетки отсчеты, по которым определяют с помощью приборов вертикального проектирования. По точкам на палетках с известными отсчетами выполняют ориентирование электронного тахеометра в безотражательном режиме и таким образом ориентируют тахеометр в системе координат лифтовой шахты XYZ см. рис. 1. Тахеометр крепится в дверном

проеме лифтовой шахты на специальном креплении, которое выносит ось вращения тахеометра в шахту. Далее с помощью тахеометра в безотражательном режиме выполняют измерения координат направляющих. Экспериментально установлено, что СКО измерения расстояния при габаритных размерах шахт до 4х4 м, составляет 0,7 мм, что вполне удовлетворяет точности определения плановых смещений направляющих с точностью 1 мм.



**Рис. 1.** Расположение направляющих в лифтовой шахте

По полученным координатам определяют оптимальное положение направляющих с учетом минимума элементов рихтовки.

Для решения поставленной задачи запишем четыре уравнения пространственных направляющих в параметрической форме:

$$\left. \begin{aligned} X_i &= X_1 + l_1 t; & Y_i &= Y_1 + m_1 t; & Z_i &= Z_1 + n_1 t \\ X_i &= X_2 + l_2 t; & Y_i &= Y_2 + m_2 t; & Z_i &= Z_2 + n_2 t \\ X_i &= X_3 + l_3 t; & Y_i &= Y_3 + m_3 t; & Z_i &= Z_3 + n_3 t \\ X_i &= X_4 + l_4 t; & Y_i &= Y_4 + m_4 t; & Z_i &= Z_4 + n_4 t \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

К записанным уравнениям необходимо прибавить следующие ограничения:

1) Расстояния между направляющими должны быть постоянными и равняться проектным размерам лифтовой шахты.

Если принять, что плоскости, проходящие через пары направляющих параллельны осям принятой системы координат то ограничения 1) можно записать в следующем виде:

$$X_3 - X_1 = 4; \quad Y_2 - Y_1 = 4 \quad X_4 - X_2 = 4 \quad (2)$$

2) Все направляющие должны быть взаимно параллельными. Для параллельности прямых используем критерий равенства коэффициентов двух прямых:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1}{n_2} = \lambda \quad (3)$$

Причем для решения достаточно приравнять коэффициенты трех пар прямых. Общая схема уравнивания по МНК с ограничениями можно представить следующим образом:

$A \cdot x = \Delta$  - модель наблюдений;  $C \cdot x = b$  - модель ограничений.  
Такую систему решают, используя метод множителей Лагранжа:

$$P_A^{-1} A \cdot x - P_A^{-1} \Delta + A^T (Cx - b) = 0 \quad (4)$$

Решение системы уравнений (4) находят используя выражения (5):

$$\left. \begin{aligned} x &= x1 - x2; \\ x1 &= (A^T P_A^{-1} A)^{-1} A P_A^{-1} \Delta; \\ x2 &= (A^T P_A^{-1} A)^{-1} C^T (C (A^T P_A^{-1} A)^{-1} C^T)^{-1} (Cx1 - b). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Поскольку непосредственно наблюдаемыми величинами являются углы и расстояние, то для уравнивания с использованием координат точек, матрица СКО координат должна быть преобразована согласно правилу преобразования ковариаций:

$$P_A = F \cdot M_d \cdot F^T \quad (6)$$

где,  $P_A$  - матрица СКО координат точки;  $F$  - матрица частных производных по измеренным величинам;  $M_d$  - диагональная матрица, которая содержит СКО измерения углов и расстояния.

Используя результаты исполнительной съемки лифтовой шахты высотой 50 м, выполним оптимизацию направляющих в шахте, используя выражения (1-6). Результаты оптимизации удобно представить в графическом виде.

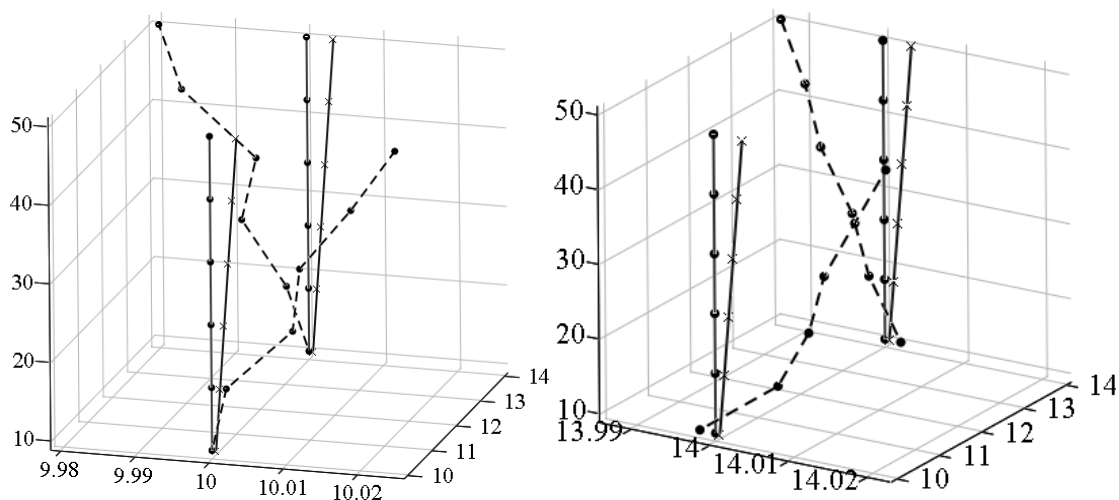


Рис. 2. Оптимизация направляющих в лифтовой шахте.

На рис. 2 пунктирной линией обозначены измеренные значения по направляющим, красной линией проектное положение направляющих, а синей оптимальное. Очевидно, что при явном развороте и кручении направляющих оптимальное положение удовлетворяет условиям равенства расстояний и параллельности.

В проекции на плоскость YZ получаем.

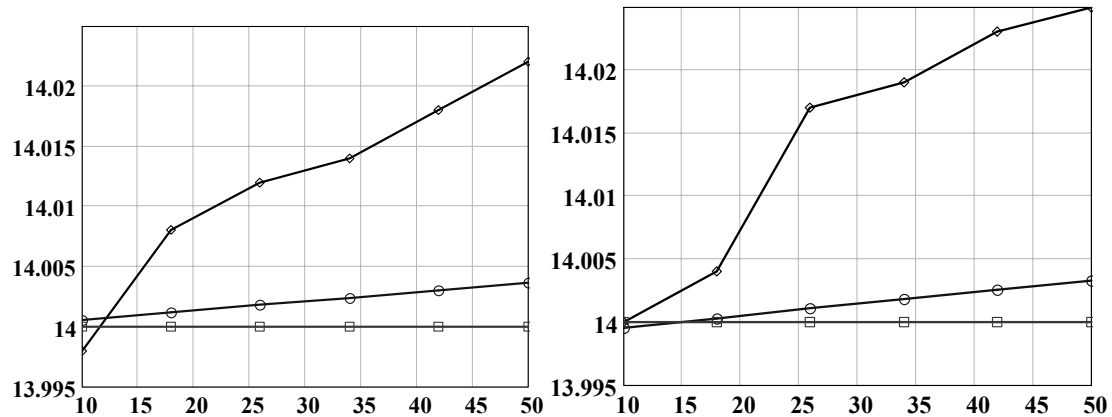


Рис. 3 - Проекция на плоскость YZ направляющих 1 и 2

Средняя квадратическая ошибка оптимизации составила  $\mu = 11$  мм, а СКО параметров прямых составили, для координат начальной точки прямой  $\mu_{XYZ} = 5$  мм, для угловых коэффициентов прямой  $\mu_{\text{mm}} = 0,0014$ .

**Выводы.** В работе представлен алгоритм оптимизации положения направляющих лифтовой шахты. Алгоритм учитывает ограничения, которые накладываются на положение направляющих в шахте.

**Перспективы.** Дальнейшие исследования в данном направлении следует посвятить в первую очередь детальному исследованию предложенного алгоритма на зданиях повышенной этажности высотой 100м и более.

### Библиографический список

1. **Elkhrachy I.**, Towards an Automatic Registration for Terrestrial Laser Scanner Data. Thesis for the Degree of Master of Science. Institut fur Geodasie und Photogrammetrie, Technische Universitat Braunschweig, Germany, 2008, p. 128.
2. **Неумывакин Ю.К., Сухов А.Н., Шмелин Н.А.** Геодезический контроль качества строительно-монтажных работ. – М.: Стройиздат, 1988. – 224с.
3. **Дем'яненко Р.А.** Методика діагностики кондиційності геометричних параметрів ліфтових шахт // Вісник геодезії і картографії. – 2007. №3. – с 14-18.
4. **П.И. Баран** Геодезические работы при монтаже и эксплуатации оборудования. – Москва „Недра”, 1990.- С. 120-178.

© Шульц Р.В., Демьяненко Р.А., 2009