

УДК 528.4

к.т.н., доцент Шульц Р.В., Демяненко Р.А.,  
Медведський Ю.В., Київський національний  
університет будівництва і архітектури

## ГЕОДЕЗИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЛІФТОВОГО УСТАТКУВАННЯ В УМОВАХ ВИСОТНОГО БУДІВНИЦТВА

*Виконано аналіз існуючого стану висотного будівництва у світі та Україні. Особливу увагу зосереджено на питанні геодезичного забезпечення геометричних параметрів ліфтового устаткування. Запропоновано нову технологію контролю геометричних параметрів ліфтового устаткування.*

**Постановка проблеми.** Висотне будівництво є одним з найбільш перспективних та стрімко розвиваючихся напрямків будівництва. В світі та в Україні зокрема збудовано значну кількість висотних об'єктів, серед яких важливе місце займають хмарочоси. Висота хмарочосів поступово збільшується і зараз досягає 800 метрів і вище. Динаміку збільшення середньої висоти хмарочосів в світі наведено на рис. 1.

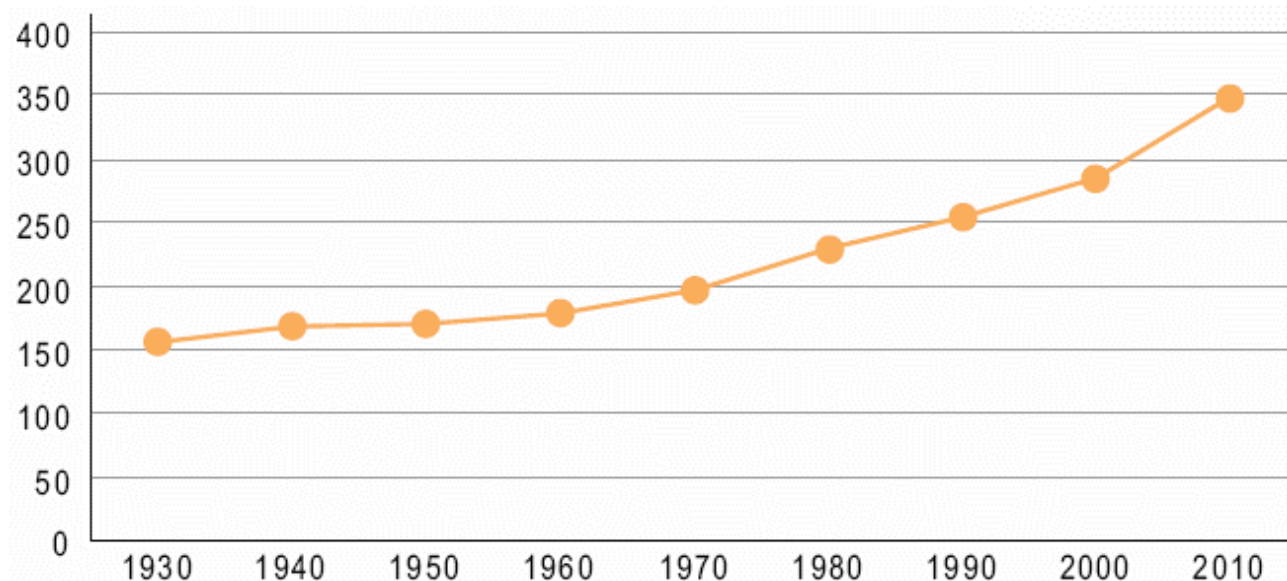


Рис. 1 Динаміка зміни середньої висоти висотних споруд в світі

Будь-яка сучасна багатоповерхова будівля обов'язково має бути обладнана ліфтами. Від якості, надійності і зручності ліфтів багато в чому залежить комерційний успіх хмарочоса.

Вартість ліфтового господарства сучасних хмарочосів складає від декількох десятків до декількох сотень мільйонів доларів. У сучасних хмарочосах, працюють, в середньому 100-150 різних ліфтів. Вартість одного ліфта в сучасному хмарочосі складає від \$1 млн. Не випадково говорять, що дві

речі роблять хмарочоси економічно рентабельними: міцний сталевий каркас і безпечний ліфт. У 2003 році фірма OTIS вдосконалила свої двоповерхові ліфти, які не потребують рівних відстаней між поверхами. Модернізовані двоповерхові ліфти вважаються високотехнологічним транспортним засобом, перший з яких було встановлено в 54-поверховій башті MORI, що відноситься до токійського комплексу будівель в Roppongi (Японія).

15 грудня 2004 року концерн TOSHIBA встановив на хмарочосі «Тайпей 101» два найшвидкісніших, на 2004 рік, в світі ліфта: максимальна швидкість підйому ліфта складає 16,5 м/сек. Кожен з ліфтів хмарочоса Тайбей 101 коштує більше \$2 млн. В цілому компанія TELC (Toshiba Elevator and Building Systems Corp.), що є структурним підрозділом концерну TOSHIBA, встановила на «Тайпеї 101» 61 ліфт (з них 27 швидкісних і 34 двопалубних) і 50 ескалаторів. Швидкісні ліфти, побудовані концерном TOSHIBA, можуть одночасно прийняти 24 пасажери і перевозити їх з швидкістю: близько 60 км/ч при підйомі вгору, і 36 км/ч при русі вниз. Ці ліфти перевершили досягнутий їх попередниками рекорд швидкості на 33%. На підвищення комфортності поїздки в ліфті націлена і активна система просторової стабілізації кабіни. Цю функцію реалізує пристрій направлено гасіння вібраційних хвиль, що активізується після аналізу даних, що отримують від відповідного датчика, встановленого в кабіні ліфта.

Таким чином ліфтове устаткування є однією з найбільш відповідальних складових будь-якої висотної споруди. Головний елемент ліфтового комплексу – це напрямні вздовж яких відбувається рух кабіни ліфта та противаги. Якість встановлення напрямних та дотримання їх геометрії безпосередньо впливають на якість, надійність та комфортність руху ліфтової кабіни. Забезпечення геометричних параметрів ліфтового устаткування, які впливають на безпеку експлуатації ліфтів є відповідальним завданням сучасної геодезії.

**Огляд попередніх публікацій.** Загально відомо, що традиційна технологія забезпечення геометричних параметрів ліфтового устаткування базується на використанні системи висків або в кращому випадку приладів вертикального проектування. При будівництві унікальних висотних об'єктів, якими є сучасні хмарочоси, використання такого устаткування не дозволяє виконувати контроль положення напрямних в ліфтовій шахті. Спроба уникнути обмежень, що пов'язані з великою етажністю споруд зроблена в роботі [1;2]. Для контрольних вимірів запропоновано виготовляти спеціальну раму, положення якої визначають за допомогою лазерного приладу вертикального проектування. Проте таке устаткування не дозволяє визначати кручення ліфтової шахти. В роботі [3] далі розвинена ідея використання лазерних приладів вертикального проектування. Найкращим варіантом тут визнано

використання 4-х лазерних візирів, що встановлені на нижньому поверсі ліфтової шахти і утворюють геодезичний чотирикутник. Від кожного лазерного променя виконують відповідні контрольні виміри до елементів ліфтової шахти. Недоліком такої технології є складність її реалізації при спостереженні за ліфтами, що вже знаходяться в експлуатації, через наявність ліфтового устаткування в шахті.

Поява сучасних приладів вимагає перегляду багатьох положень цих робіт та нормативних документів [4;5;6], що існують на даний момент.

**Постановка завдання** Метою даної роботи є аналіз сучасного стану розвитку висотного будівництва та проблеми геодезичного забезпечення ліфтового устаткування висотних споруд.

**Основний зміст роботи** Щорічно в світі з'являється більше тисячі хмарочосів та розробляється декілька тисяч проектів хмарочосів. Через відсутність чітких критеріїв за якими будівлю можна вважати висотною існує проблема при класифікації висотних споруд та хмарочосів, зокрема. В різних країнах під висотними будівлями розуміють будівлі різної висоти. На даху будівлі може бути встановлена антена, яка може значно перевищувати висоту самої будівлі і таку споруду формально слід віднести до висотної.

Таблиця 1

**Найвищі хмарочоси на початок 2010 року**

Рейтинг	Будівля	Країна	Висота, м	Дата
1	2	3	4	5
1	Burj Dubai	ОАЕ	818	2010
2	Taipei 101	Тайвань	509	2004
3	Shanghai World Financial Center	Китай	492	2008
4	Petronas Tower 1	Малайзія	452	1998
5	Petronas Tower 2	Малайзія	452	1998
6	Greenland Square Zifeng Tower	Китай	450	2009
7	Sears Tower	США	442	1973
8	Jinao Tower	Китай	421	1998
9	Two International Finance Centre	Гонконг	415	2003
10	CITIC Plaza	Китай	391	1997
11	Shun Hing Square	Китай	384	1996
12	Empire State Building	США	381	1931
13	Central Plaza	Гонконг	374	1992

1	2	3	4	5
14	Bank of China Tower	Гонконг	367	1990
15	Bank of America Tower	США	366	2008
16	Almas Tower	ОАЕ	360	2008
17	Emirates Office Tower	ОАЕ	355	2000
18	Tuntex Sky Tower	Тайвань	348	1997
19	Aon Center	США	346	1973
20	The Center	Гонконг	346	1998

На початок 2009 року найшвидші та найдорожчі ліфти в світі встановлені у висотках №2 і №3, на хмарочосах-близнятах Petronas Towers (Куала Лумпур, Малайзія), і №4 Sears Tower (Чикаго, США). Petronas Towers — 88-поверховий хмарочос (451,9 м) — побудований в столиці Малайзії Куала-Лумпур. У кожній з башт Petronas Towers змонтовано по 29 двоповерхових ліфтів загальною вантажопідйомністю 52 людини. Швидкість їх руху 3,5—7 м/сек. Всього в баштах експлуатується 76 пасажирських і вантажних ліфтів компанії ОТІС. В 99-поверховому хмарочосі Sears Tower (Чикаго, США), побудованому в 1973 році, максимальна швидкість кабіни при русі вгору складає більше 8 м/сек.

У Японії на початку 2008 року відкрили хмарочос для випробування ліфтів з швидкістю понад 60 км/ч. Японська корпорація Mitsubishi Electric відкрила гігантську башту, в якій тестуватимуть нові технології в області будівництва ліфтів. Башта Соле заввишки 173 метри стала новою визначною пам'яткою японського міста Іназава. Представники Mitsubishi Electric заявляють, що вона необхідна для випробувань швидкісних ліфтів нового покоління. Проект башти вартістю близько \$50 млн. дозволить Mitsubishi Electric на практиці перевіряти працездатність окремих вузлів і деталей ліфтів.

Таблиця 2

### Будівництво найвищих хмарочосів в світі

Будівля	Проектна висота, м	Термін завершення	Країна
1	2	3	4
Nakheel Tower	1,400 м	2020	ОАЕ
Chicago Spire	610 м	-	США
Goldin Finance 117	597 м	2015	Китай
Doha Convention Center Tower	551 м	-	Катар
Burj Al Alam	510 м	2015	ОАЕ

1	2	3	4
Federation Tower	506 м	2016	Росія
Al Quds Endowment Tower	495 м	2014	Катар
JW Marriott International Finance Centre	431 м	2010	Китай
Marina 106	425 м	2012	ОАЕ
Dalian International Trade Center	420 м	2009	Китай
Lighthouse Tower	402 м	2010	ОАЕ
Saigon Centre (phase 2)	386 м	2014	В'єтнам
Plaza Rakyat	382 м	2012	Малайзія
Square Capital Tower	376 м	2012	Кувейт
Faros del Panamá	346 м	2010	Панама

В найвищих хмарочосах, які передбачається побудувати таблиця 2, передбачається використання нової моделі ліфта - магнітний ліфт. Якщо вірити розробникам хмарочосів і ліфтів, то незабаром ліфти на тросах залишаться в історії. Магнітний ліфт функціонує за принципом швидкісного поїзда на магнітній подушці. Магнітні ліфти можуть підніматися на необмежену висоту. Але це не єдина гідність нового пристрою. Одне з нововведень магнітного ліфта полягає і в тому, що він зможе їздити не тільки по вертикалі, але і по горизонталі. Конструкцію магнітного ліфта представили різні ліфтові компанії в світі.

Таблиця 3

### Найвищі хмарочоси та проекти на початок 2010 року в Києві [7]

Будівля	Адреса	Висота, м
1	2	3
31-поверховий житловий комплекс	Проспект Григоренко, 9А	104,4
34-поверховий житловий будинок	Гришка вул., 9	110
31-поверховий житловий будинок	Старонаводницька вул. 15	115
36-поверховий житловий будинок	Дніпровська набережна	120
33-поверховий житловий будинок	Дніпровська набережна	105,3
31-поверховий торгівельно-офісний комплекс	Мечникова вул., 2	131,4
27-поверховий житловий будинок	Соломенська вул., 15	99,9
31-поверховий житловий будинок	Старонаводницька вул., 4Д	113
37-поверховий житловий будинок	Кловський спуск, 7А	136

1	2	3
34-поверховий житловий будинок	Протасів Яр ул.	120
34-поверховий житловий будинок (проект)	Дружби Народів б-р, 2А	108
30-поверховий житловий будинок	Г. Тимофіївої вул., 3	110
40-поверхова офісна будівля (проект)	Глибочицька вул., 43	172
41-поверховий житловий будинок (проект)	Шолуденко вул. 12	170,4
60-поверхова офісна будівля (проект)	Здолбунівська вул., 2	190

Контроль різних параметрів ліфтів (механічних, електричних та геометричних) мають принципове значення для безпечної експлуатації з мінімальними фінансовими та часовими витратами на проведення ремонтних робіт.

В більшості робіт розглядається питання технології геодезичного контролю геометричних параметрів тільки ліфтових шахт, але у випадку висотних споруд найбільш важливим елементом ліфтів є система напрямних для кабіни та противаги.

Сучасні ліфти мають надзвичайно високу швидкість руху та висоту підйому, тому принциповим є питання якості геометричних параметрів монтажу системи ліфтових напрямних. Недотримання допусків геометричних параметрів призводить до підвищеного зносу елементів системи, що напряму впливають на надійність та безпеку експлуатації ліфтів.

Основні вимоги до системи ліфтових напрямних, регламентовані в [4]. Приведені вище вимоги нормативного документа свідчать про застарілість технології визначення геометричних параметрів ліфтів, що вимагає використання сучасних способів геодезичного контролю геометричних параметрів ліфтів з використанням сучасних геодезичних приладів, які дозволять точніше, швидше та безпечніше виконувати роботи.

Вимоги щодо геометричних параметрів ліфтових напрямних наступні:

- Прямолінійність 1/1000 але не більше 2 мм по відношенню до складового елемента;
- Відстань між напрямними 1мм на всю висоту;
- вертикальність 0.2 мм на 1м висоти але не більше 10 мм при висоті більше 50 м.

Слід зауважити, що для вивірки напрямних монтажні організації

наприклад „СКБ трест Росліфтмаш” використовують прилад для контролю встановлення напрямних. Це прилад у вигляді рейки з рівнем та з відповідними шкалами для вивірки відстані між напрямними, їх паралельності, що дозволяє забезпечити відповідну нормативну точність у вивірці положення ліфтових напрямних. Даний прилад здатний забезпечити контроль лише частини геометричних параметрів встановлення ліфтових напрямних, не дозволяючи виконати контроль таких параметрів, як: вертикальність встановлення напрямних на всю висоту шахти, кручення пари напрямних (кабіни або противаги), взаємне геометричне розташування напрямних кабін та противаги. Слід зазначити високу точність приладу при перевірці таких параметрів, як: паралельність, прямолінійність на коротких ділянках, розворот головок напрямної.

Розрахунок точності технології визначення геометричних параметрів ліфтів з використанням електронного тахеометру з станцією спостережень в дверному прорізі виконаний в роботі [8] показав, що дана технологія придатна для визначення геометрії ліфтової шахти але для вивірки напрямних її точність буде недостатньою. При аналізі розрахунку точності видно, що на точність впливають декілька складових: точність побудови базисної лінії, точність суміщення точок лазерних вертикальних променів з точками на палетці при поярусних переміщеннях конструкцій, точність побудови вертикалі, точність визначення координат полярним методом. В зв'язку з цим пропонується наступна методика визначення геометричних параметрів ліфтових напрямних.

Ідея способу полягає у використанні високоточного електронного тахеометра та додаткового пристрою з системою призм.

Пристрій з системою призм призначений для закріплення на напрямну кабін або противаги з прикріпленими до нього двома призмами на заданій відстані (рис.2)

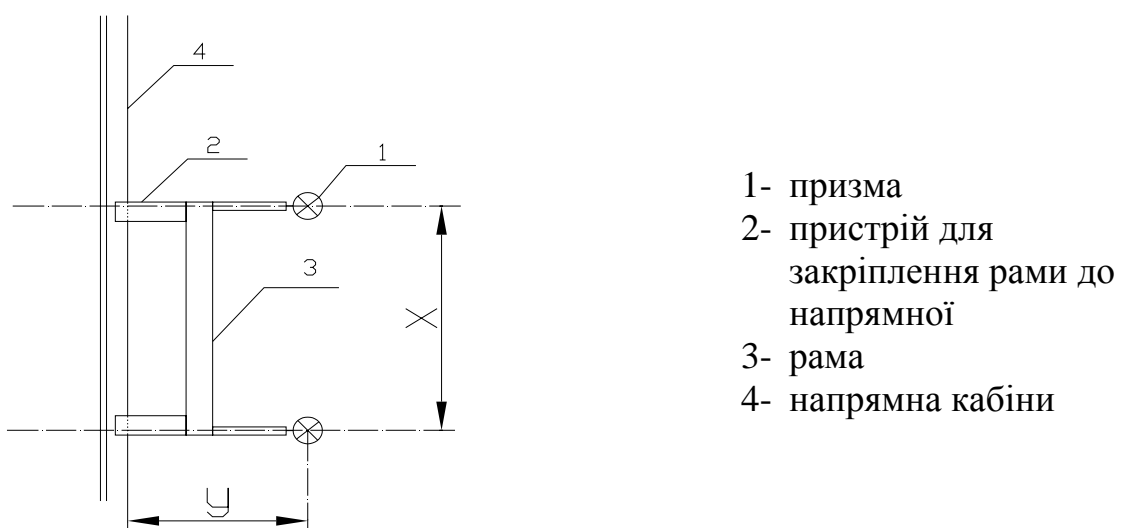


Рис.2 Схема пристрою з системою призм для вивірки напрямних

Рама (3) закріплюється за допомогою пристрою для закріплення (2) на напрямній. Принципово важливим є точне дотримання відстані  $Y$  між призмами до грані напрямної. Відстань регулюється за допомогою різьбового з'єднання з точністю до 0.1 мм. Точність дотримання відстані  $X$  принципового значення немає, але вона повинна бути близько 2 метрів.

Для визначення геометричних параметрів системи ліфтових напрямних тахеометр повинен бути встановлений у приямку ліфтової шахти, а пристрій з призмами прикріплений до напрямної з можливістю подальшого переміщення по напрямній. Тахеометр встановлюється приблизно по центру ліфтової шахти. В умовній системі координат задаються координати станції спостережень та використовуючи автоматичну технологію наведення виконується наведення приладу на призму з подальшим вимірюванням та визначенням координат призми. Після визначення координат на початковому ярусі необхідно перемістити рамку з відбивачами на інший ярус та повторити процедуру. Після визначення координат першої напрямної на всю висоту рамка переставляється на іншу напрямну та не змінюючи місцеположення тахеометру виконується визначення координат інших напрямних, як кабіни так і противаги в єдиній системі координат.

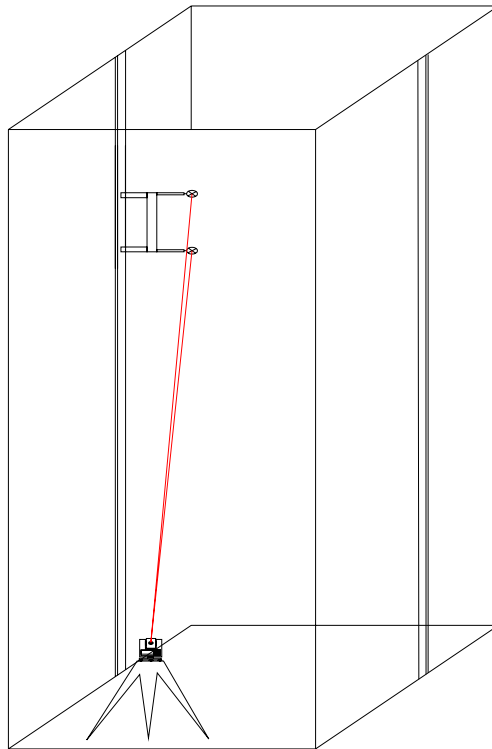


Рис. 3. Схема встановлення тахеометру та пристрою для визначення геометричних параметрів ліфтових напрямних

Запропонована методика визначення взаємного положення системи



ліфтових напрямних (кабіни і противаги) дозволяє з високою точністю визначати такі геометричні характеристики напрямних кабін ліфта та противаги, як:

1. відстань між головками напрямних кабін ліфта (допустиме відхилення не більше 2 мм);
2. відстань між головками напрямних противаги (допустиме відхилення не більше 2 мм);
3. відстань між віссю направляючих кабін та віссю направляючих противаги (допустиме відхилення не більше 2 мм);
4. прямолінійність напрямних (кабін та противаги) (Допуск: Прямолінійність 1/1000 але не більше 2 мм по відношенню до складового елемента)
5. кручення головок напрямних (кабін та противаги)
6. відхилення від вертикалі (Допуск: вертикальність 0.2 мм на 1м висоти але не більше 10 мм при висоті більше 50 м)

Щодо методу визначення координат, то по суті це метод полярних координат з невеликою зміною діапазону горизонтальних кутів та значною зміною діапазону вертикальних кутів. Тому для оптичного наведення та контролю рекомендовано використовувати спеціалізовані насадки на окуляр для здійснення вимірювань при значних кутах нахилу.

**Висновки.** Виконано аналіз сучасного стану розвитку висотного будівництва та проблеми геодезичного забезпечення ліфтового устаткування висотних споруд. Запропоновано нову методику та технологію контролю геометричних параметрів ліфтового устаткування висотних споруд. В подальшому необхідно виконати попередній розрахунок точності контролю геометричних параметрів ліфтового устаткування та розробити відповідну методику обробки отриманих даних.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.И. Геодезический контроль вертикальности и габаритов лифтовых шахт // Инженерная геодезия. – 1988. №31. – с 35-37.
2. Неумывакин Ю.К., Сухов А.Н., Шмелин Н.А. Геодезический контроль качества строительно-монтажных работ. – М.: Стройиздат, 1988. – 224с.
3. Баран П.И. Современные методы и приборы для геодезического обеспечения строительно-монтажных работ. – Киев: Общество "Знание" УССР, 1981, 22 с.
4. Инструкция по монтажу лифтов. ВСН 210-80. Москва – 1983, 270 с.
5. ПБ 10-558-03. Постановление Ростехнадзора РФ от 16 мая 2003 г. №31 „Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации лифтов”.

6. Лифты электрические пассажирские и грузовые. Правила организации, производства и приемки монтажных работ ГОСТ 22845-85 М., Госстройиздат, 1986.

7. Современное высотное строительство. Монография. Москва 2007. ИТЦ Москомархитектуры. – 440 с.

8. Шульц Р.В., Демяненко Р.А. Технологія визначення геометричних параметрів ліфтових шахт з використанням електронних тахеометрів // Інженерна геодезія. – 2008. - №54. - С. 242-251.

### **АННОТАЦИЯ**

Выполнен анализ существующего состояния высотного строительства в мире и Украине. Особое внимание уделено вопросу геодезического обеспечения геометрических параметров лифтового оборудования. Предложена новая технология контроля геометрических параметров лифтового оборудования.

### **SUMMARY**

The analysis of the existent state of height building in the world and to Ukraine is executed. The special attention is spared the question of the geodesic providing of geometrical parameters of elevator equipment. New technology of control of geometrical parameters of elevator equipment is offered.