

EDN: VZHNSR

УДК 528.48

П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, А. С. ЧИРВА, Р. В. ПОЛОХОВ
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Обобщен опыт использования современных геодезических технологий при строительстве и эксплуатации высотных зданий и сооружений. Установлено, что применяемый способ вертикального проектирования точек с исходного на монтажные горизонты с помощью лазерных и оптических приборов ПВП не эффективен, так как при воздействии ветровой нагрузки, теплового нагрева, неравномерных осадок оснований фундаментов и др. оптическая видимость сквозь отверстия в перекрытиях может быть нарушена. Кроме того, передача осей с исходного горизонта осуществляется на монтажный горизонт, где уже ведутся монтажные работы по устройству опалубки, металлического каркаса и другие работы, что затрудняет применение традиционного способа вертикального проектирования. Показана высокая эффективность применения автоматизированных систем геодезического мониторинга (АСГМ) на базе GNSS-приборов, роботизированных и инженерных электронных тахеометров, электронных нивелиров, электронных датчиков (инклинометров) вертикали (наклона) метеорологических и геотехнических сенсоров и др. на примере строительства небоскреба Бурдж Халифа высотой 828 метров в Объединённых Арабских Эмиратах.

Ключевые слова: высотные здания и сооружения, современные геодезические технологии, геодезическое обеспечение строительства.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

До недавнего времени основным способом передачи координат с исходного горизонта на монтажные при строительстве высотных зданий и сооружений являлся способ вертикального проектирования с применением лазерных или оптических приборов ПВП. С этой целью в железобетонных перекрытиях каждого монтажного горизонта устраивались отверстия для прохождения лазерного или оптического луча. С увеличением высоты монтажного горизонта под воздействием ветровой нагрузки, солнечного нагрева, деформаций бетона и др. видимость сквозь отверстия бывает перекрытой. Поэтому применение новых современных геодезических технологий для передачи осей с исходного на монтажные горизонты является своевременной и актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Большинство публикаций [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] посвящены исследованию точности передачи осей на монтажные горизонты при строительстве зданий и сооружений высотой до 100 метров. В настоящее время построены и строятся здания высотой от 100 до 800 и более метров. Применение современных геодезических технологий при строительстве подобных зданий и сооружений представлено в работах [6, 8, 9, 10] и др.

ЦЕЛИ

Обобщить опыт применения современных геодезических технологий при строительстве и эксплуатации высотных зданий и сооружений.

© П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. С. Чирва, Р. В. Полохов, 2023



ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В последнее время рядом фирм разработаны автоматизированные системы геодезического мониторинга (АСГМ) деформаций различных объектов с применением ГНСС-приборов, роботизированных и инженерных электронных тахеометров, электронных нивелиров, электронных датчиков вертикали (наклона), метеорологических и геотехнических сенсоров.

Наиболее известными являются следующие АСГМ: Topconpositioning (Япония), Leica GeoMOS (Швейцария), Trimble 4D (США) и независимая от конкретного производителя геодезического оборудования система GOCA (Германия). Такие системы целесообразно использовать для мониторинга уникальных объектов (небоскребы, телебашни, телемачты и др.).

Успешный пример использования АСГМ Leica GeoMOS (Швейцария) при строительстве небоскреба Бурдж Халифа высотой 828 м представлен в работе [8].

Здание было сооружено на железобетонной плите толщиной 3,7 м расположенной на двухстах столбчатых сваях диаметром 1,5 м, заложенных на глубину 50 м. В сооружении существует 9 зон ядер жесткости, на каждом из которых производится отдельный независимый геодезический контроль монтажа небоскреба. Каждые три дня монтировали один этаж. Высокие темпы строительства не оставляли достаточно требуемого времени на производство геодезических работ традиционными методами построения и передачи информации от базовых пунктов исходной плановой основы на монтажные горизонты. Так, применение приборов ПВП требует большого количества вертикальных каналов в плитах перекрытия и наличия оптической видимости. С увеличением высоты монтажного горизонта возникают динамические колебания, что затрудняет обеспечение соосности вертикальных каналов и снижает точность измерений. Кроме этого, геодезические работы выполнялись среди арматуры, металлоконструкций, материалов и оборудования на монтажном горизонте, при работающих грузоподъемных механизмах и кранах, перемещающихся рабочих, что мешало выполнению традиционных методов геодезического обеспечения монтажа.

С увеличением высоты монтажных горизонтов заметное влияние на сооружение и геодезические приборы оказывали неравномерный солнечный нагрев и ветровые нагрузки. Например, на уровне 108 этажа (375 м) фиксировались смещения от ветра на 0,53 м, а на уровне 153 этажа (569 м) – на 1,25 м.

Учитывая сложные условия выполнения геодезических работ компания Leica Geosystems (Швейцария) предложила использовать автоматизированную систему геодезического мониторинга Leica GeoMOS, которая включает использование трех комплектов спутниковых геодезических ГЛОНАСС/GPS-приемников Leica GX1230, располагавшихся на верхней части пунктов «скользящей» опалубки. Пространственные координаты контрольных точек сооружения определялись относительно постоянно действующей базовой станции Leica GX1230, закрепленной на территории строительства.

На контрольных точках каждого монтажного горизонта проводились часовые наблюдения в режиме «кинематика на лету» (Kinematic-on-the-fly). В это же время выполнялись другие геодезические измерения с применением электронных тахеометров и устанавливались опорные точки для последующих бетонных работ на этом этаже. Кроме того, проводились измерения пространственного положения электронного тахеометра методом обратной геодезической засечки и по методу наименьших квадратов вычислялись его точные координаты.

Для измерения пространственного положения небоскреба на первых 156 этажах было установлено 8 инклинометров – электронных двухосевых датчиков NIVEL 220, которые с помощью кабеля были объединены в единую локальную компьютерную сеть. Данные о наклоне сооружения поступали с датчиков на пульт управления АСГМ. В любой момент времени можно было определить положение верха конструкции с погрешностью до 10 мм.

АСГМ обеспечивала геодезическую службу данными в условиях ограниченной видимости и при любых погодных условиях без необходимости перерывов для технологических операций и работы грузоподъемных механизмов. На основе полученных данных проводилась коррекция положения каждого элемента опалубки.

ВЫВОДЫ

Применение современных геодезических технологий при строительстве и эксплуатации высотных зданий и сооружений значительно эффективнее по сравнению с традиционными методами и их необходимо широко внедрять в строительное производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Донец, А. М. Геодезический мониторинг высотных зданий и сооружений с помощью высокоточных спутниковых методов / А. М. Донец. – Текст : непосредственный // Геопрофиа. – 2005. – № 5. – С. 17–19.
2. Инженерная геодезия : учебное пособие / М. И. Лобов, П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. С. Чирва. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2019. – 200 с. – Текст : непосредственный.
3. Исследование точности определения координат с применением спутниковых систем в условиях наземных помех / П. И. Соловей, М. И. Лобов, А. Н. Переварюха [и др.]. – Текст : непосредственный // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2005. – Випуск 2005-7(55) Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 116–117.
4. Исследование точности передачи осей на монтажный горизонт GPS-методом / П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, С. В. Лазарев [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2021. – Выпуск 2021-4(150) Научно-технические достижения студентов строительной отрасли. – С. 33–37. – URL: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/vestnik_2021-4\(150\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2021/vestnik_2021-4(150).pdf) (дата публикации: 28.06.2021).
5. Уставич, Г. А. Определение крена сооружений башенного типа GPS-приемниками и тахеометрами / Г. А. Уставич. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2003. – № 9. – С. 15–18.
6. Фялковский, А. Л. Разработка и исследование технологических решений повышения качества геодезического мониторинга динамических объектов с использованием ГНСС : специальность 25.00.32 «Геодезия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фялковский Алексей Леонидович ; Московский государственный университет геодезии и картографии. – Москва, 2015. – 152 с. – Текст : непосредственный.
7. Хиллер, Бернд. Разработка и исследование автоматизированной системы геодезического деформационного мониторинга инженерных сооружений на основе высокоточной цифровой инклинометрии и тахеометрии : специальность 25.00.32 «Геодезия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Хиллер, Бернд ; Московский государственный университет геодезии и картографии. – Москва, 2017. – 144 с. – Текст : непосредственный.
8. Яценко, А. И. Геодезическое обеспечение возведения небоскреба BurjDubai / А. И. Яценко, О. В. Евстифеев. – Текст : непосредственный // Геопрофи. – 2009. – Выпуск 6. – С. 36–41.
9. Анненков, А. О. Теорія і практика застосування ГНСС-технологій в задачах геодезичного моніторингу інженерних споруд : спеціальність 05.24.01 «Геодезія» : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук / Анненков Андрій Олександрович ; Київський національний будівельний університет. – Київ, 2021. – 352 с. – Текст : непосредственный.
10. Баран, П. И. Инженерная геодезия : монография / П. И. Баран. – Киев : ПАТ «ВПОЛ», 2012. – 618 с. – Текст : непосредственный.

Получена 21.03.2023

Принята 21.04.2023

П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА, О. С. ЧИРВА, Р. В. ПОЛОХОВ
СУЧАСНІ ГЕОДЕЗИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ БУДІВНИЦТВІ І
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка,
ДНР, Російська Федерація

Анотація. Узагальнено досвід використання сучасних геодезичних технологій при будівництві та експлуатації висотних будівель і споруд. Встановлено, що спосіб вертикального проектування точок з вихідного на монтажні горизонти за допомогою лазерних і оптичних приладів ПВП не ефективний, оскільки під впливом вітрового навантаження, теплового нагріву, нерівномірних осідань основ фундаментів та ін. оптична видимість крізь отвори в перекриттях може бути порушена. Крім того, передача осей з вихідного горизонту здійснюється на монтажний горизонт, де вже ведуться монтажні роботи з влаштування опалубки, металевого каркаса та інші роботи, що ускладнює застосування традиційного способу вертикального проектування. Показано високу ефективність застосування автоматизованих систем геодезичного моніторингу (АСГМ) на базі GNSS-приладів, роботизованих та інженерних електронних тахеометрів, електронних нівелірів, електронних датчиків (інклінометрів) вертикалі (нахилу) метеорологічних та геотехнічних сенсорів та ін. на прикладі будівництва хмарочосу висотою 828 метрів в Об'єднаних Арабських Еміратах.

Ключові слова: висотні будівлі та споруди, сучасні геодезичні технології, геодезичне забезпечення будівництва.

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, ALEXANDER CHIRVA,
ROMAN POLOKHOV
MODERN GEODETIC TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION AND USAGE
OF HIGH-RISE BUILDINGS AND STRUCTURES
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka,
DPR, Russian Federation

Abstract. The experience of using modern geodetic technologies in the construction and operation of high-rise buildings and structures is summarized. It has been established that the applied method of vertical projection of points from the initial to the mounting horizons using laser and optical PVP devices is not effective, since under the influence of wind load, thermal heating, uneven settlement of foundation bases, etc., optical visibility through the holes in the ceilings may be impaired. In addition, the transfer of axes from the original horizon is carried out to the assembly horizon, where installation work is already underway on the formwork, metal frame and other work, which makes it difficult to use the traditional method of vertical design. The high efficiency of the use of automated geodetic monitoring systems (AGMS) based on GNSS devices, robotic and engineering electronic total stations, electronic levels, electronic sensors (implementers) of the vertical (tilt) of meteorological and geotechnical sensors, etc. is shown on the example of the construction of the Burj Khalifa skyscraper with a height of 828 meters in the United Arab Emirates.
Keywords: high-rise buildings and structures, modern geodetic technologies, geodetic support for construction.

Соловей Павел Илларионович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

Переварюха Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

Чирва Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций мачтовых сооружений.

Полохов Роман Витальевич – студент ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: геодезические работы при строительстве высотных сооружений башенного типа.

Соловей Павло Ілларіонович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій висотних будівель і споруд.

Переварюха Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри інженерної геодезії ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій коливних і обертових об'єктів.

Чирва Олександр Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій щоглових споруд.

Полохов Роман Віталійович – студент ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: геодезичні роботи під час будівництва висотних споруд баштового типу.

Solovej Pavel – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of high-rise buildings..

Perevarjuha Anatoly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Head of the Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of varying and rotating objects.

Chirva Alexander – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of mast structures.

Polokhov Roman – student, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: geodetic work in the construction of high-rise tower-type structures.