

Явтушенко М.М., студент спеціальності 193 Геодезія та землеустрій
Науковий керівник: Зуска А.В., к.т.н., доцент кафедри геодезії.
(НТУ Дніпровська політехніка, м. Дніпро, Україна)

ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНОГО СУПРОВОДУ БУДІВНИЦТВА ВИСОТНИХ СПОРУД

Геодезичний супровід будівництва висотних споруд здійснюється у кілька етапів, кожен із яких сьогодні активно цифровізується. До таких етапів можна віднести – підготовчий створення геодезичної основи, розмічування осей та елементів фундаменту, геодезичний контроль монтажу конструкцій, моніторинг висотної споруди під час її зведення та .

На підготовчому етапі створюють вихідну планово-висотну мережу на будівельному майданчику. Замість традиційних методів прокладання теодолітних і нівелірних ходів застосовуються GNSS-приймачі типу (Trimble, Leica, South), які дозволяють визначати просторові координати пунктів планово-висотної мережі з точністю 5 – 10 мм у плані та 10–15 мм за висотою. Отримані дані автоматично передаються у програмне забезпечення, наприклад, *Leica Infinity* або *Trimble Business Center*, де створюється цифрова модель вихідної мережі. Цей процес скорочує побудову мережі майже вдвічі порівняно з традиційними методами.

Для розмічування головних осей і елементів фундаменту використовуються сучасні електронні тахеометри з функцією автоматичного наведення (наприклад, *Leica TS16* або *Trimble S9*). Виконавець завантажує у прилад цифровий план, отриманий із САД або BIM-програми та виконує розмічувальні роботи без попередніх розрахунків. Похибка розмічування осей становить не більше 3 мм, яка відповідає або навіть менше вимог норматив ДБН В.1.3-2:2010.

Правильність монтажу будівельних конструкцій підтверджує *геодезичний контроль*. Для контролю горизонтальності плит перекриттів та точності розташування колон застосовується цифрове нівелювання, яке дає точність до 0,7 мм на 1 км подвійного ходу. Контроль вертикальності колон, башт і стін виконується за допомогою лазерного сканування. Лазерний сканер (*LiDAR*) встановлюється на штативі, обертається на 360° і знімає поверхню споруди з точністю 1–2 мм. Програмне забезпечення наприклад, *Leica Cyclone* або *Trimble RealWorks*, миттєво порівнює отриману «хмару точок» із проєктною моделлю. Виконавець бачить на екрані кольорову карту відхилень, де червоним позначено місця, що виходять за межі допусків. Це дозволяє одразу виправляти похибки під час монтажу, без повторних вимірювань.

У процесі будівництва важливо виконувати моніторинг висотної споруди під час її зведення, а саме, контролювати осідання фундаменту й деформації. Для цього застосовуються автоматизовані геодезичні станції (*ATS*), які закріплюються на постійних пунктах і проводять безперервні вимірювання положення відбивачів, встановлених на конструкціях. Дані передаються у реальному часі на сервер і обробляються програмами типу *GeoMoS* або *Trimble 4D Control*. У разі перевищення допустимого відхилення (наприклад, 3 мм за добу) система автоматично подає попередження. Такий моніторинг неможливий без цифрової обробки даних і дає змогу запобігати аварійним ситуаціям.

Після завершення кожного етапу ведеться документування та контроль якості. Всі вимірювання інтегруються у інформаційну модель *BIM* (Building Information Modeling). У цій моделі кожен елемент будівлі має свої координати, висотні позначки та інформацію про точність монтажу. BIM використовується як електронний «паспорт будівлі», де зберігаються результати геодезичних вимірювань, що надалі потрібні для експлуатаційного моніторингу. У програмі *Revit* або *Navisworks* можна накладати

скановані дані на проєктну модель, перевіряти збіги й автоматично формувати акти геодезичної перевірки.

Загалом впровадження цифрових технологій дозволяє підвищити точність геодезичного супроводу на 40–60% порівняно з ручними методами, зменшити час виконання робіт у 2–3 рази та забезпечити повну відповідність будівельних елементів проєктним координатам.

Цифровізація геодезичних процесів у будівництві висотних споруд забезпечує новий рівень контролю якості. Використання GNSS, електронних тахеометрів, LiDAR-сканерів, БПЛА та BIM-моделей дозволяє вести безперервний моніторинг, оперативно реагувати на відхилення й документувати усі вимірювання у цифровому форматі. Такий підхід підвищує точність, безпеку та ефективність робіт, відповідає сучасним вимогам ДБН і є основою для подальшого розвитку інтелектуальних систем управління будівництвом.

Перелік посилань:

1. Войтенко С.П., Мельник О.В. Цифрові технології в геодезичному забезпеченні будівництва. – Київ: КНУБА, 2022. – 120 с.
2. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM).
3. Trimble Geospatial. *Digital Construction Technologies Overview*. – <https://geospatial.trimble.com>
4. Leica Geosystems. *Smart Digital Solutions for Construction and Surveying*. – <https://leica-geosystems.com>