

УДК 528.48

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ В УКРАЇНІ

С. Войтенко, К. Третяк, Р. Шульц
Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: інженерна геодезія, розвиток.

Проф. М.Г. Відусєв ще в 1973 р. детально розглянув теоретичні основи інженерної геодезії. Доволі детально було окреслено широту проблем, які виникали під час розгляду місця інженерної геодезії в інженерно-будівельній справі. Свого часу такий підхід проф. М.Г.Відусєва викликав широкий резонанс серед провідних вчених-геодезистів Радянського Союзу. Розгорнулася широка дискусія, в якій була висловлена як підтримка поглядів проф. М.Г. Відусєва, так і протилежні погляди.

Час показав, що в більшості проблемних підходів було правильно визначено в часі модель змісту курсу інженерної геодезії як окремої, а не допоміжної дисципліни будівельної галузі. Можна лише говорити про надмірно широке коло суміжних галузей знань, які пропонуються ввести до програми курсу інженерної геодезії.

В інженерній геодезії упродовж декількох десятиліть визначено чотири основні розділи: інженерно-геодезичні вишукування, інженерно-геодезичне проектування, геодезичні розмічувальні роботи та інженерно-динамічну геодезію. Кожний з цих розділів сьогодні більшою або меншою мірою використовує геоінформаційні системи і технології (ГІС), які одночасно є сполучною ланкою між розділами інженерної геодезії та іншими суміжними галузями знань.

Нині розвиток теорії інженерних вишукувань спонукає до взаємопроникнення різних видів інженерно-технічних вишукувань (геодезичних, геологічних, гідрологічних, метеорологічних, кліматичних, гідрографічних тощо), що привело до розроблення сучасних методів інженерно-геодезичних вишукувань. Це наочно підтвердило тезу про залучення до теорії інженерних вишукувань різних методів досліджень, що, своєю чергою, сприяло виникненню в цій галузі нових наукових знань.

Так, на сучасному етапі в теорії інженерних вишукувань широко використовують знання з теорії інформації, теорії інформаційних потоків та інформаційних систем. Роль інженерно-геодезичних вишукувань значно зросла.

Сьогодні під час вишукувань широко застосовують ГІС, які ґрунтуються на останніх досягненнях науки і техніки у сфері інформатики та баз даних, навігації, дистанційного зондування Землі, Web-технологій тощо.

Створену базу даних про об'єкт в умовах проектування використовують для автоматизованого прийняття рішень про обсяг та порядок виконання інженерних вишукувань. Одночасно така база даних широко використовується для аналізу, прогнозування і при-

йняття широкого кола рішень щодо вишукування, картографування території, проектування, будівництва і експлуатації інженерних споруд, виконання широкого кола завдань в інших сферах виробничої діяльності.

Функціональні блоки сучасних ГІС охоплюють систему управління, технологічні автоматизовані інформаційні системи; картографічні, кадастрові та фотограмметричні системи; системи баз даних та моделювання, систему прийняття проектних рішень, прикладні системи в транспорті, навігації, геології, економіці тощо. Вони великою мірою розв'язують задачі картографування територій, інженерних вишукувань, проектування, прикладних завдань інженерної геодезії.

Сучасні технології побудовані на широкому використанні цифрових та електронних карт, які уможливають оперативне оновлення цифрових топографічних карт, аналіз та відслідковування динаміки змін різних параметрів, створення необхідних карт і планів за тематикою, масштабом, ступенем деталізації, можливостями тривимірної візуалізації цифрових моделей, прийняття експертних рішень у режимі реального часу тощо. Все це створює широкі можливості автоматизації робіт під час інженерних вишукувань та проектування інженерних споруд.

Упровадження систем автоматизованого проектування (САПР) дало змогу підвищити якість проектування, знизити вартість та зменшити терміни виконання проектних робіт. Використовуючи САПР, можна визначити оптимальне розміщення інженерних споруд, отримати поздовжні та поперечні профілі, інженерно-геологічні розрізи, гідрологічні характеристики для проектування водопропускних споруд, поверхневого відведення, розподілу земляних мас, розв'язання завдань горизонтального і вертикального планування, моделювання конструкцій споруд, автомобільних розв'язок тощо.

Подальший прогрес проектно-вишукувальних робіт – у напрямі прийняття проектних рішень, їх оцінки з використанням цифрових і математичних моделей місцевості.

Значно скоротити та здешевити процес будь-яких інженерних вишукувань дали змогу методи дистанційного зондування. Використання даних космічного знімання у видимому діапазоні спектра дає змогу оперативно створювати та оновлювати цифрові топографічні карти до масштабів 1:5000–1:2000 включно. Дані багатоспектрального космічного знімання дають змогу розв'язувати задачі інженерно-геологічних, гідрологічних, геоботанічних та ґрунтових вишукувань. Методи повітряного лазерного сканування та космічного радіолокаційного знімання дають змогу створювати цифрові моделі місцевості та

рельєфу. Окрім цього, методи дистанційного зондування оптимальні для розв'язання задач моніторингу великих за розміром територій. В інженерній практиці під час вишукування незначних за розміром територій все більше застосовують технології малої авіації, зокрема безпілотних літальних апаратів.

Сьогодні інженери-геодезисти повинні володіти повним комплексом знань з фотограмметрії та дистанційного зондування, оскільки виконання інженерних вишукувань без використання аерокосмічних методів неможливе.

Наявність сучасних приладів, глобальних супутникових спостережень, електронних тахеометрів, лазерних сканерів допомагає значно удосконалити виконання знімальних робіт, автоматизувати процес картографування територій.

Геодезична освіта фахівця з інженерної геодезії повинна бути універсальною і охоплювати знання як з циклу геодезичних дисциплін, так і з математики, інженерної геології, інженерних конструкцій, основ проектування інженерних споруд, технічної механіки, технології виконання будівельно-монтажних робіт, монтажу технологічного устаткування, організації і економіки, інвестиційного аналізу, менеджменту тощо.

З іншого боку, різноманітний спектр геодезичних робіт під час зведення і експлуатації сучасних інженерних споруд вимагає від фахівця спеціальних математичних та фізичних знань з теорії інформації та дослідження операцій, математичного аналізу, теорії випадкових функцій, послідовного аналізу, теорії потенціалу, фізики Землі та теоретичної геодезії.

Ефективність наукових досліджень сучасного рівня забезпечується завдяки знанням фахівців з геодезії, будівельної справи та монтажу технологічного устаткування. Тому великого значення набуває введення в навчальні плани курсів з сучасних технологій та монтажу інженерних споруд та технологічного устаткування.

Складність та унікальність сучасних інженерних споруд вимагають глибоких знань фахівців та постановки широких наукових досліджень з організації інженерно-геодезичних робіт, організаційних форм як державної геодезичної служби, так і відомчих геодезичних служб будівельно-монтажного виробництва.

Основою організації інженерно-геодезичних робіт мають стати сучасні технології управління виробництвом, менеджменту та інвестицій.

Теоретичною основою геодезичних розмічувальних робіт є будівельна метрологія. Стандартизація, уніфікація та індустріалізація будівельного виробництва вимагають розроблення сучасних методів геодезичних вимірювань. Упровадження електронних високоточних приладів зі значно розширеними функціональними можливостями потребує поглиблення теоретичних досліджень та їх практичної реалізації.

Сьогодні експериментальні дослідження ґрунтуються на поєднанні технічних та геодезичних вимірювань. Нові матеріали, сучасні технології зведення інженерних споруд вимагають розроблення методів розрахунку точності геодезичних робіт за умов забезпечен-

ня точності геометричних параметрів споруд, їх надійності та довговічності.

На кафедрі інженерної геодезії КНУБА успішно розвивається напрям дослідження точності інженерно-геодезичних робіт з використанням теоретичних розрахунків споруд методами опору матеріалів та будівельної механіки. КНУБА разом з науковцями НДІ будівельного виробництва, науково-виробничим інститутом метрологічного забезпечення вимірювання геометричних, механічних та віброакустичних величин, ВАТ ППІ "Київоргбуд", АТ ХК "Київміськбуд", ПАТ "Київметробуд" ДП "Укргеодезмарк" розроблено ДБН В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи в будівництві" система забезпечення геометричних параметрів у будівництві; ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунків та контроль точності геометричних параметрів. Настанова», виконано наукові розробки з державних будівельних норм на технологічні допуски окремих технологічних процесів у будівельно-монтажному виробництві.

Перераховані вище роботи виконано на основі теорії допусків та посадок з ймовірно-статистичним обґрунтуванням, з урахуванням досвіду геодезичного забезпечення будівельно-монтажних робіт. Упродовж тривалого часу проф. М.Г. Відуєв, проф. Т.Т. Чмчян та проф. С.П. Войтенко розвивали теоретичні основи розрахунку розмірних ланцюгів, які широко використовують під час розроблення проектів виконання геодезичних робіт (ПВГР) для складних та унікальних споруд.

Подальшого розвитку потребують питання розроблення теорії розрахунку точності просторових розмірних ланцюгів для зведення складних інженерних споруд.

Технологія як будівельних, так і геодезичних робіт під час зведення складних та унікальних споруд і монтажу технологічного устаткування ускладнюється в умовах будівельного майданчика. Широке використання металевих конструкцій вимагає врахування температурних деформацій (великі мости, металургійні комбінати, стадіони тощо). Тому підвищуються вимоги до точності створення вихідної розмічувальної основи, їх густоти. Постає задача теоретичного обґрунтування моделей та методик урахування впливу температурних деформацій.

Останнім часом поширюється методика створення віртуальних геодезичних мереж завдяки застосуванню сучасних високоточних електронних безвідбиткових тахеометрів. Для оброблення та використання таких мереж необхідно використовувати спеціалізоване програмне забезпечення. Переваги таких мереж сповна проявляються у стиснених умовах промислових цехів при забезпеченні високоточного монтажу та контролі точності монтажу елементів технологічного устаткування. Прикладом програмного забезпечення, що призначене для виконання наведених робіт, є програмний комплекс "Візор-3D" (розробка кафедри геодезії і геоінформатики під керівництвом проф. С.Г. Могильного та проф. А.А. Шоломицького). Цей вимірювальний комплекс розв'язує задачі моніторингу і перевірки

ки промислового устаткування. Розроблений комплекс працює у системі online сумісно з високоточними електронними тахеометрами серій NET, SRX і SET фірми Sokkia та TPS, TM фірми Leica, призначений для побудови, вирівнювання і розрахунку планових, висотних та просторових геодезичних мереж довільної конфігурації та обробки тахеометричного знімання. Програмне забезпечення комплексу "Візор-3D" може синхронно в автоматичному режимі працювати з двома тахеометрами з точністю вимірювань до 0,1 мм і точніше, дає змогу за результатами вимірювань виконувати корегування положення і форми об'єкта, визначити його просторові характеристики і деформації [1].

Сьогодні теоретичні дослідження повинні бути спрямовані на удосконалення технології виконання інженерно-геодезичних робіт під час зведення та монтажу інженерних споруд і технологічного устаткування. Такі технології ґрунтуються на впровадженні в інженерно-геодезичну галузь сучасних геодезичних приладів: електронних теодолітів та тахеометрів, цифрових нівелірів, GPS-приладів, лазерних рулеток, лазерних ротаційних нівелірів тощо.

Прикладом упровадження сучасних технологій є технологія геомоніторингу зведення висотного будинку в м. Києві в стиснених умовах будівельного майданчика в зоні можливих деформацій. Розроблена автоматизована система дає змогу виконувати широкий комплекс робіт з геодезичного, геотехнічного, гідрогеологічного акустико-сейсмічного моніторингу. Вимірювання виконують автоматично, а їхні результати обробляють за допомогою комп'ютерної системи.

Геодезична складова комплексу "Кентавр" містить високоточні моторизовані тахеометри і спеціальне програмне забезпечення, що дає змогу управляти роботою та виконувати обчислення для визначення положення точок спостережень, які закріплені постійними призмами як в зоні можливих деформацій, так і за її межами. Розроблений комплекс використовує технологію групових розрахунків, завдяки чому можна обчислювати результати вимірювань від декількох тахеометрів. Автоматизований комплекс геодезичного моніторингу "Кентавр" забезпечує безперервні спостереження за станом монтажу конструкцій споруди та станом поверхні будівельного майданчика під час виконання будівельно-монтажних робіт.

Підсистема "Торгон" системи "Кентавр" забезпечує неперервні спостереження за рівнем сейсмічних коливань конструкцій сусідніх будинків. Вона складається із трьохвісних давачів вібрацій і пульта управління для збору і аналізу результатів вимірів, що дає змогу вчасно вживати заходів для запобігання небажаним явищам [2].

Розроблена автоматизована система моніторингу зведення висотних будинків дає змогу неперервно контролювати динаміку геологічних, гідрологічних процесів, деформації інженерних споруд та територій як в процесі їх зведення, так і під час експлуатації.

Нові можливості підвищення ефективності технологій виконання геодезичних робіт створює застосування наземних лазерних сканувальних систем. Роз-

робленням таких систем займаються фірми Leica, Z+F, Trimble, Topcon, Optech. Створюються можливості та переваги для інженерів-геодезистів зі створення тривимірних баз даних, сканування інженерних споруд, заводських, культових та історичних споруд, виконання моделювання проектів приміщень, створення TIN – поверхонь моделей об'єктів, виконання топографічних знімків місцевості, побудови профілів та перерізів приміщень, підземних споруд, створення проектів інженерних споруд, при архітектурних обмірах пам'ятників архітектури, виконанні виконавчих знімків при зведенні споруд тощо.

Лазерні сканери забезпечують високу продуктивність праці й дають змогу виконати широкий спектр топографічних та інженерно-геодезичних робіт. За результатами лазерного сканування швидко отримують високої якості точне, детальне знімання топографічних поверхонь місцевості, поверхонь інженерних споруд та внутрішніх приміщень, розміщення елементів конструкцій і технологічного устаткування, знімання кар'єрів, гірських виробок на великих відстанях. За результатами повторного сканування можна визначити параметри деформаційних процесів.

Найсучасніші передові технології виконання інженерно-геодезичних робіт можливі завдяки появі нових роботизованих фототахеометрів Topcon, Trimble S8 та ін. Використання сучасного програмного забезпечення дає змогу під час роботи із зображеннями і високоточним зніманням об'єднати систему отримання зображень у польових умовах у режимі реального часу з набором просторових даних. Їх використання створює високопродуктивні технології виконання робіт, дає змогу отримувати результати вимірювань в автоматичному режимі. Фототахеометри ефективно використовують на будівельних майданчиках, у геодезичному супроводі зведення тунелів, мостів, визначенні положення об'єктів на місцевості, визначенні площ земельних ділянок тощо.

Сполучення тахеометрів з GNSS-приймачем дає змогу виконувати знімання без використання контрольних точок та прокладання ходів, економити час та значно підвищувати продуктивність праці.

Досліджуючи закономірності розвитку ендегенних та екзогенних геологічних процесів, можна знизити ризик їх катастрофічного характеру, а за допомогою сучасних супутникових технологій запобігти їх появі.

Об'єктами інженерної геодинаміки є гірські породи, підземні води, гідротерми, рельєф земної поверхні, технологічні комплекси (міста, промислові комплекси, об'єкти атомної і гідроенергетики, шахти, метро, водно-господарчі тощо), тектонічні процеси, землетруси і вулканізм.

Результатами геодезичних досліджень і їх математичне оброблення імовірно-статистичними методами спрямовані на вивчення механізму геологічних процесів під впливом сукупності природних і техногенних факторів, дають змогу передбачити їх розвиток у часі.

Методичною основою таких досліджень є системний підхід, що дає змогу вивчати фізичну сутність до-

сліджуваних явищ. Поряд з іншими аспектами, результати геодезичних досліджень дають можливість дослідити закономірність динаміки геодинамічних процесів, їхні кількісні та якісні характеристики.

Математична теорія інформації на імовірнісній основі за результатами геодезичних вимірювань дає змогу ефективно враховувати просторове розміщення природних об'єктів та техногенні впливи геологічного середовища. При цьому ефективно використання теорії кінцевих різниць, теорії множин, варіаційної статистики, теорії випадкових функцій та інших математичних методів.

Геодезичні дослідження дають можливість сучасними технологіями з високою точністю на великих територіях визначати зміни та динаміку геометричних параметрів геологічних тіл та технологічних комплексів у просторово-часовому масштабі.

Вивчення процесу розвитку геодинамічних процесів під багатократних досліджень з використанням методів математичного моделювання дає змогу визначити складні взаємозв'язки великої кількості діючих факторів. Математичне моделювання дає змогу розкрити внутрішню структуру об'єкта або процесу, кількісно визначити особливості значних деформаційних процесів, дослідити основні властивості реального деформаційного процесу залежно від поставлених завдань.

Важливо, що геологічне середовище в статичній та динамічній формі можна чітко показати в плані та просторі системою ізоліній аналогічно горизонталям рельєфу топографічної поверхні. Тому як форму, так і властивості геологічних систем можна виражати рівняннями за допомогою математичного аналізу, що створює сприятливі умови для отримання достовірних параметрів та характеристик геодинамічних процесів.

Підсумовуючи все вищевикладене, можна з впевненістю сказати, що без використання прогресивних технологій неможливо вирішити сучасні завдання інженерної геодезії. З іншого боку, стан теорії та методів ін-

женерної геодезії не дають змоги повністю використати потенціал сучасних геодезичних приладів і технологій. Вирішення цієї проблеми безпосередньо пов'язане з підготовкою висококваліфікованих фахівців, що неможливо без вдосконалення навчальних програм та планів.

Література

1. Измерительный комплекс "Визир 3D" на предприятиях Украины. Геодезический мониторинг и выверка технологического оборудования / С.Г. Могильный, А.А. Шоломицкий, В.Н. Ревуцкий, В.А. Пригаров // Геопрофиль № 3 (6). – К., 2009. – С. 12–19.
2. Парахненко И.С. Автоматизированная система геомониторинга строящегося высотного здания общественного центра в Киеве / И.С. Парахненко, И.В. Кедык // Геопрофиль № 6 (15) – К., 2010. – С. 29–33.

Перспективи розвитку інженерної геодезії в Україні

С. Войтенко, К. Третяк, Р. Шульц

Окреслено перспективи розвитку інженерної геодезії в Україні.

Перспективы развития инженерной геодезии в Украине

С. Войтенко, К. Третяк, Р. Шульц

Приведены перспективы развития инженерной геодезии в Украине.

The prospects for development engineering geodesy in Ukraine

S. Voitenko, K. Tretiak, R. Schultz

Filed prospects of engineering geodesy in Ukraine.

II З'їзд Українського Товариства Геодезії і Картографії

31 жовтня – 1 листопада 2011 року

м. Київ

www.utgk.com.ua

тел.: +380503706402