



## ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ В УКРАЇНІ

*Рассмотрен вопрос деятельности некоторых предприятий Укргеодезкартографии, в частности ГНПП "Укрінжгеодезія" и КГП "Київгеоінформатика", а также ГНИЛ-18 НУ "Львовская политехника", Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа, ГП "Укргеодезмарк" ПАО "Київметробуд" в области инженерной геодезии: проектирование новых и реконструкции существующих объектов строительства, обеспечение их надежной эксплуатации. Особое внимание уделено мониторингу экологически опасных объектов, таких как объект "Укрытие" ЧАЭС, Ровенская АЭС.*

*Описаны современные методы и точность построения плановых и высотных геодезических сетей на указанных объектах, техника измерений и компьютерная обработка данных до получения конечной продукции, методы оценки качества и обеспечения безопасных условий выполнения работ. Дан обзор инженерно-геодезических работ, выполненных на объектах строительства в Киеве и других городах Украины. Указано на использование электронных датчиков для измерения взаимного положения отдельных конструкций сложных сооружений.*

*The paper deals with the activities of several enterprises of Ukrgeodescartography, particularly Government Scientific and Production Enterprise "Ukrinzhgeodeziya" and Government Enterprise "Kyivgeoinformatyka", as well as Branch Scientific and Research Laboratory No 18 of National University "Lviv Politechnics", Ivano-Frankivsk National University of Oil and Gas, Government Enterprise "Ukrgeodezmark" of PLC "Kyivmetrobud" in the field of engineering geodesy: designing new and reconstruction of existing objects, support of their reliable use. The special attention is paid to the monitoring of environmentally dangerous objects, such as "Shelter" Object of Chornobyl NPP and Rivne NPP.*

*The modern methods and accuracy of creation of horizontal and vertical geodetic networks on the mentioned objects, the measuring techniques and electronic data processing, the methods of accuracy estimation and ensuring safety of the works are considered. It is given the review of the engineering-geodetic works executed at the construction sites in Kyiv and other cities of Ukraine. It is pointed out the use of electronic pickups for measuring relative positions of separate constructions in complex buildings.*

Картографо-геодезична служба України (Укргеодезкартографія) приділяє велику увагу інженерно-геодезичному забезпеченню розвитку населених пунктів, об'єктів будівництва, транспорту, промисловості, енергетики, зв'язку і телекомунікації, охорони природного середовища, попередженню та прогнозуванню природних і техногенних катастроф (зсуви, руйнування інженерних споруд, аварії на АЕС, ГЕС тощо), оскільки від своєчасності виконання та необхідної точності інженерно-геодезичних вимірювань на екологічно і техногенно небезпечних об'єктах залежить безпека життєдіяльності населення та збереження матеріальної бази суспільства.

За 20 років існування Державної служби геодезії, картографії та кадастру такі відповідальні роботи, що потребують сучасного технічного оснащення та високої кваліфікації персоналу, виконувалися багатьма підприємствами галузі, зокрема ДНВП "Укрінжгеодезія", КДП "Київгеоінформатика". Значну частину відповідальних і надзвичайно важливих для економіки України робіт здійснюють навчальні заклади, геодезичні служби великих енергетичних комплексів, геодезичні підприємства акціонерних товариств тощо, серед яких виділяються Національний університет "Львівська політехніка", Івано-Франківський технічний університет нафти і газу, ДП "Укргеодезмарк" Публічного акціонерного товариства (ПАТ) "Київметробуд". Далі подано науково-технічний огляд найважливіших інженерно-геодезичних робіт, виконаних цими організаціями, та їх досягнень у цій сфері в основному за останні п'ять років.

ДНВП "Укрінжгеодезія" більш як 15 років ви-

конує інженерно-геодезичні спостереження за осіданнями та деформаціями об'єкта "Укриття" (ОУ) ЧАЕС – найнебезпечнішої споруди світової техногенної катастрофи. Не випадково вся міжнародна спільнота опікується проблемами ліквідації наслідків цієї аварії і надає Україні необхідну грошову підтримку.

Основне завдання спостережень – виявлення змін у просторовому положенні несних конструкцій споруди саркофага (вертикальних і горизонтальних зміщень, кренів та перекосів) для оцінювання ризику руйнування споруд, проведення демонтажу нестабільних конструкцій, прогнозування аварійних ситуацій тощо.

Згідно з державними стандартами, інженерно-геодезичні вимірювання вертикальних та горизонтальних зміщень на таких спорудах виконуються за 1-м та 2-м класами точності, тобто з похибками від 1 до 5 мм залежно від висоти розташування контрольних марок: нижче – меншою, вище – більшою.

Треба сказати, що впродовж 25-ти років експлуатації ОУ на ньому виконуються різні будівельно-монтажні роботи, пов'язані з укріпленням конструкцій, які зазнали значного руйнування та відхилення від вертикалі після вибуху реактора.

Обсяг і частота інженерно-геодезичних вимірювань змінюються в залежності від прояву деформаційних процесів та нових завдань, але практично залишається незмінним найвищий (1-й) клас точності вимірювань. Всі роботи виконуються згідно із затвердженими програмами, які розробляються переважно на п'ять років. За весь час складено 5 таких програм: 1987 р., на 1998-2000, 2001-2005, 2006-2008 і 2009-2012 рр. Кожна із них відображала основні засади організації та виконання інженерно-геодезичних вимірювань для визначення



вертикальних і горизонтальних зміщень конструкцій, їх кренів, динаміки та прогнозування. Останні дві програми враховують будівельно-експлуатаційну ситуацію на об'єкті, яка виникла у зв'язку з реалізацією Проекту організації заходів (ПОЗ) на виконання Закону України "Про загальні основи подальшої експлуатації Чорнобильської АЕС і перетворення зруйнованого реактора в екологічно безпечну систему" від 11 грудня 1998 р. № 309-IV. Ці заходи торкнулися насамперед зміцнення західної контрфорсної стіни та окремих приміщень, включаючи і деаераторну етажерку, колонний залізобетонний каркас якої вимагав невідкладних укруплювальних робіт.

Для забезпечення високої точності вимірювання деформаційних зміщень на території ОУ створено високоточні (1-го класу) планову та висотну геодезичні мережі. Пункти планової мережі, незалежно від розряду побудови, закріплюються знаками для примусового центрування приладів, а нівелірна мережа I класу – глибинними реперами, закладеними на глибину до 40 м. Вартість побудови одного такого репера сягає 100 тис. грн.

Зміни умов виконання робіт викликали необхідність реконструкції геодезичних мереж. Планова мережа реконструювалася чотири рази, і якщо перші дві були викликані її розширенням у зв'язку зі збільшенням кількості контрольних марок, то останні були спричинені демонтажем окремих пунктів, які попали в зону будівельно-монтажних робіт на стадії ПОЗ, та зведенням нового безпечного конфайнмента (НБК) – саркофага-2. Тому для компенсації втрат 10-ти наземних пунктів при реконструкції мережі 2005 р. 6 пунктів із 18-ти довелось розмістити на плоских дахах будівель та споруд висотою від 3 до 22 м.

Якщо у 1987 р. мережа була дворозрядною (спостережувальні пункти НП і допоміжні точки ВТ), то під час всіх реконструкцій, починаючи з 1996 р., завжди будувалася каркасна GPS-мережа, в яку вставлялися пункти типу НП і ВТ методом лінійно-кутових побудов (триангуляції). Основна причина такої трирозрядної побудови – розміщення пунктів типу НП в спеціальному будиночку з вікнами та дахом, який не дозволяє розміщувати GPS-антену над пілоном геодезичного знака. Тільки під час реконструкції 2005 р. на пункті НП-6 було демонтовано будиночок і обладнано знак для GPS спостережень, якому відведена роль основного базового пункту геодезичної мережі ОУ. Треба особливо підкреслити, що застосування GPS-методу суттєво покращило структуру геодезичної мережі ОУ за рахунок "космічного з'єднання" пунктів північної та південної частин мережі, між якими не забезпечувався конструктивний зв'язок при вимірюванні методом триангуляції.

Нівелірна мережа, яка включає 13 глибинних, 1 фундаментальний та 8 стінних реперів і марок, не зазнала істотних змін, за винятком двох реперів, що підлягають демонтажу в зв'язку з будівництвом НБК.

У GPS-мережі при середній довжині вектора 360 м його відносна середня квадратична похибка (СКП) становить менше 1:300 000, а похибки положення пунктів менші ніж 2 мм. Похибки визна-

чення положення пунктів триангуляції, з яких визначається положення контрольних марок ОУ, не перевищують 0,5 мм.

Координати пунктів планової мережі і контрольних марок визначаються в умовній системі – будівельної сітки АБ, позначки реперів і контрольних марок – у системі "Балтійська 1977 р." та в умовній відносно рівня підлоги 1-го поверху ОУ. Нівелювання основних пунктів мереж проводиться за 1-м класом точності (похибка вузлових точок не перевищує 0,4 мм).

Щорічно (у весняні цикли спостережень) контролюється стабільність пунктів мереж: планової – GPS-методом, висотної – нівелюванням I класу. За вихідну приймається основна сторона GPS-мережі та позначки глибинних реперів.

У кожному циклі спостережень, тобто 4 рази на рік, визначається висотне положення 15-ти контрольних реперів, закладених у цоколях та фундаментах ОУ, прилеглих до споруди, та просторове положення 33-х контрольних марок, закріплених на стінах, фронтонах, балках перекриття центрального залу і даху верхніх ярусів на умовній висоті від 9 до 71 м.

Висотне положення контрольних реперів визначається із нівелювання I і II класів, а просторове положення контрольних марок – просторовими кутовими засічками з пунктів планової геодезичної мережі, позначки яких визначаються з прецизійного нівелювання (переважно I класу).

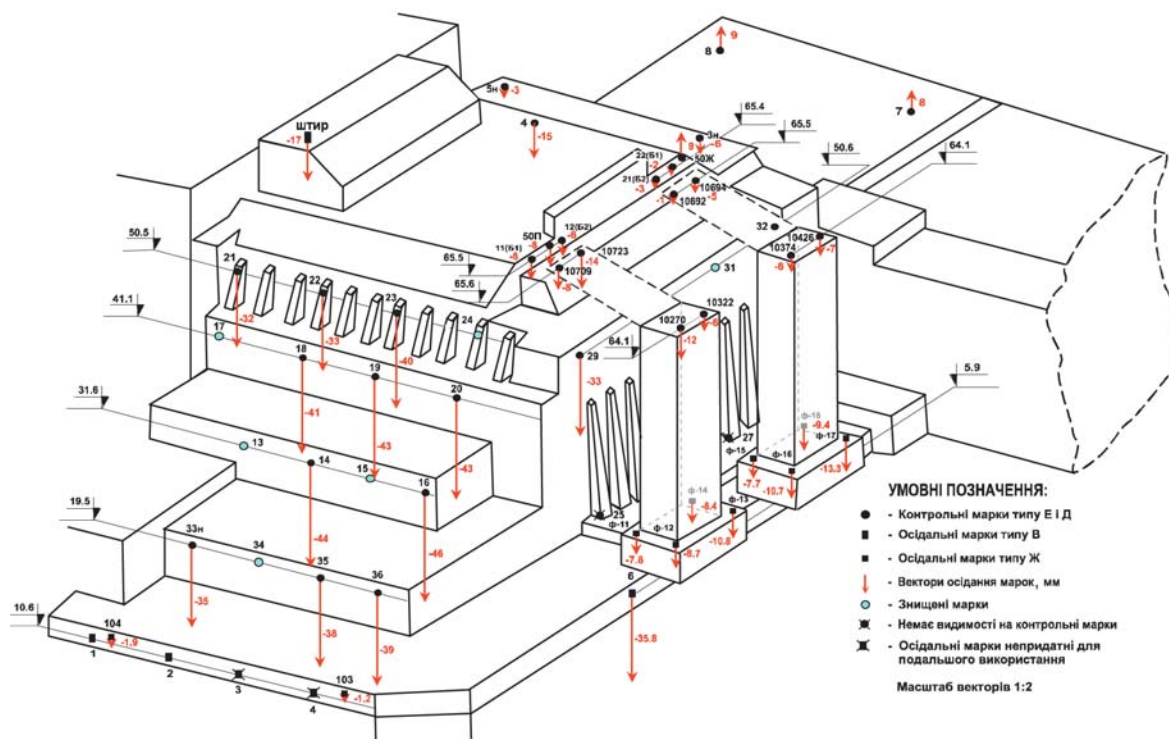
На початку 2006 р. до цих марок долучено 8 контрольних реперів, розташованих на фундаментах двох веж висотою 63 м, призначених для розвантаження балок перекриття над центральним залом зруйнованого реактора, і 4 контрольних марки самих веж та їх консольних ферм.

Інженерно-геодезичними вимірюваннями впродовж 25-ти років визначено місця і кількісні характеристики прояву деформаційних зміщень, які спричинені змінами у природному середовищі та в конструкціях споруди. Встановлено, що осідання окремих конструкцій ОУ більші за 30 мм, а зміни крену сягають 25 мм, тоді як осідання прилеглих до нього споруд за той же період становлять лише 10 мм. Схему розподілу осідань контрольних марок ОУ наведено на мал. 1, а векторів їх горизонтальних зміщень – на мал. 2.

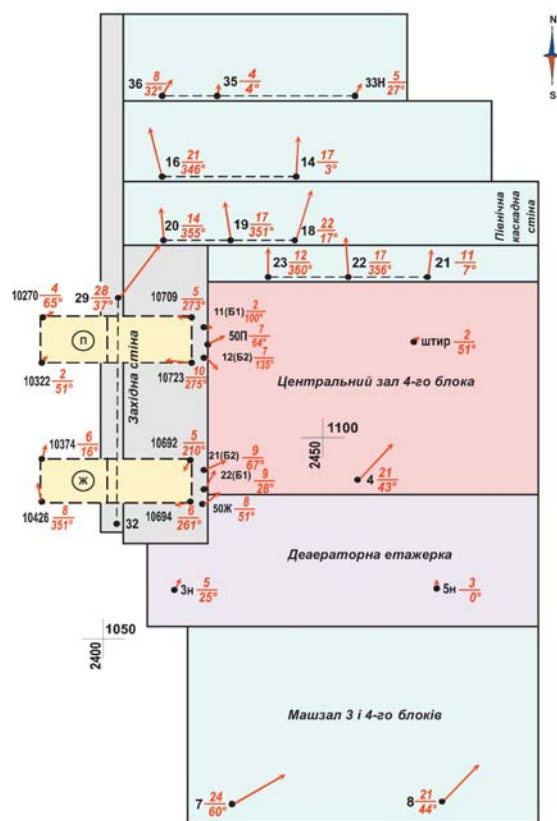
Аналіз осідань показав, що їх прогнозування найкраще апроксимується відомою експоненціальною функцією. На основі цієї функції теоретично обґрунтовується періодичність виконання спостережень.

Контрольні марки (по 2-3 шт.) встановлено на чотирьох бокових стінках північної каскадної стіни, що прилягає до ОУ. Вектори горизонтальних зміщень і осідань цих марок (їх усього 11 шт.) наведено на мал. 3. Сумарні вектори двох взаємно перпендикулярних векторів трьох верхніх марок відхилені від вертикалі на кут близько 22,2°, що свідчить про однобічність деформаційного процесу, який може впливати на відхилення каскадної стіни від саркофага.

Об'єктивність оцінювання та аналізу деформаційних зміщень, зокрема осідань, як першої і найважливішої ознаки деформаційних процесів на ОУ,



Мал. 1. Схема величин осідання контрольних марок об'єкта "Укриття" за період 05.1987-05.2011 рр.



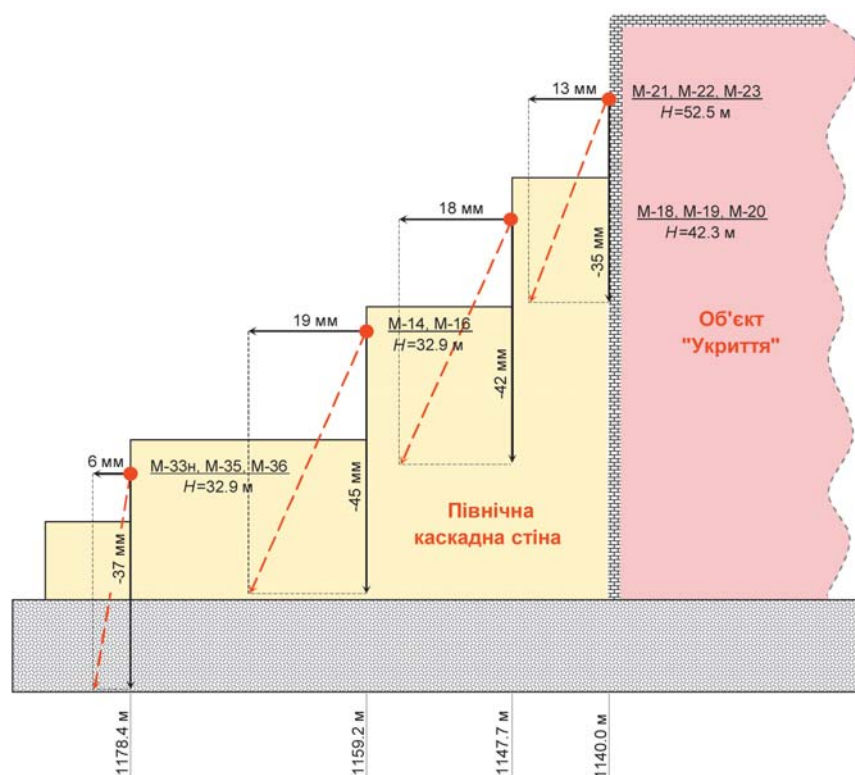
**УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:**

чисельник – горизонтальне прокладення, мм;  
 знаменник – азимутальне переміщення, градуси.  
 Масштаб плану 1:1 000. Масштаб вектора 1:2

Мал. 2. Графік горизонтальних переміщень контрольних марок ОУ за той самий період

викликала необхідність врахування температурної деформації споруди, яка спотворює величини "чистих" осідань. Тому в Укрінжгеодезії розроблено методику приведення вимірюваних позначок контрольних марок до однієї температури ( $T=15^{\circ}\text{C}$ ). Для реалізації цієї вимоги необхідно старанно вимірювати температуру матеріалу об'єкта (або на станції) під час вимірювання зенітних кутів з похибкою не більше  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ : у травні-вересні – через кожну годину, у жовтні-березні – через дві години. Якщо ж врахувати теплопровідність залізобетону і сталі, тобто деяку інерційність споруди до зміни температури, то найкращим для визначення температури ОУ буде використання безконтактного радіаційного термометра, розробленого в ІФ НАНУ. Похибка дистанційного вимірювання температури таким приладом менша за  $1^{\circ}\text{C}$  [3].

Крім спостережень за деформаційними зміщеннями зовнішніх конструкцій, ДНВП "Укрінжгеодезія" проводить вимірювання для визначення горизонтальних зміщень колонного залізобетонного каркасу деаераторної етажерки (ДЕ), які внаслідок вибуху реактора отримали значні (до 1500 мм) відхилення від вертикалі. Для визначення планових координат закріплених на колонах контрольних марок з допустимою похибкою до 3,5 мм у приміщенні ДЕ за допомогою електронного тахеометра ТС 1800 побудовано внутрішню триангуляційну мережу (ВТМ) із 9-ти пунктів консольного типу на колонах, яка в кожному циклі перевимірюється і прив'язується до пунктів зовнішньої геодезичної мережі ОУ для врахування можливих деформацій колонного каркасу. Середня довжина сторони ВТМ становить 32 м. Для оперативного виконання робіт на торцевих стінах ДЕ додатково закріплено 4 орієнтирних марки.



Мал. 3. Діаграма розподілу векторів горизонтальних зміщень і осідань контрольних марок північної каскадної стіни ОУ за 1987-2011 рр.

Планове положення контрольних марок колон визначається методами прямокутних і полярних координат. За результатами вимірювань у двох циклах обчислюються координати контрольних марок, горизонтальні зміщення верху колон та відстежується динаміка їх змін. За 8 років спостережень середня зміна крену колон становить 7 мм, максимальна – 17 мм. Значну роботу підприємство виконало у зв'язку з реалізацією ПОЗ для укріплення конструкцій ОУ і підготовки до будівництва саркофага-2. Для забезпечення виготовлення та безпідгінного монтажу металлоконструкцій укріплення (МКУ) за найвищим (1-м) класом точності на будівельному майданчику побудовано з похибкою до 1 мм геодезичну будівельну сітку з 8-ми пунктів та сторонами довжиною від 40 до 75 м. Горизонтальні кути виміряно з похибкою 3", а довжини ліній – до 0,8 мм.

Для оперативного контролю планового положення та вертикальності 6-ти монтажних блоків кожної вежі МКУ на основі пунктів сітки перенесено в натуру та закріплено на інструментальних столиках осі веж. Розмір одного блока в плані 15×12 м, висота – від 3,6 до 12 м. Фундамент вежі розміром 22×20×8 м – це монолітний залізобетонний блок. Загальна висота вежі з фундаментом – 61 м. Блоки веж та укріплювальних ферм виготовляються на спеціальних стендах і готовими подаються краном на штатне місце.

Важлива і завершальна частина монтажу МКУ, який вимагає особливо ретельного інженерно-геодезичного контролю, – це монтаж консольних ферм з опорними балками і домкратами для

передачі до 80 % навантаження з балок перекриття центрального залу зруйнованого реактора на консольні ферми з вежами.

Дослідженнями встановлено, що в ідеальних спорудах загальний вектор температурної деформації спрямовується вздовж радіуса-вектора вузла відносно центра ваги споруди.

Проблема зведення на ЧАЕС нового безпечного конфайнмента обговорюється вже майже 10 років, і тільки зараз цей об'єкт набирає конкретних обрисів. НБК являє собою металеву кругову арку висотою 100 м (ширина по фронту 245 м, у глибину 150 м). Арка складається з 4-х блоків загальною масою близько 20 тис. тонн. Технологічно блоки арки збиратимуться в західній частині локальної зони ОУ і насуватимуться готовими на штатне місце. Саме ці параметри та спосіб зведення НБК в екстремальних умовах дають підстави віднести її до споруд світового масштабу.

У ДНВП "Українжгеодезія" розроблено концептуальні засади організації інженерно-геодезичних робіт при будівництві та експлуатації НБК. Підприємство розробило методику визначення основних геометричних параметрів і дослідження точності формоутворення арки, методику врахування впливу змін температури на точність виготовлення блоків арки, вплив похибок розмічування осей фундаментів у плані та профілі на прогин арки, здійснило концептуальний аналіз технологічних похибок виготовлення блоків арки, принципів організації інженерно-геодезичного контролю розмірів та форми арки в процесі виготовлення блоків та їх збирання в єдину конструкцію, а також точності геодезичного контролю просторового положення арки під час монтажу її блоків. У результаті врахування цих основних факторів запропоновано конструктивну схему і розраховано порядок встановлення необхідної точності головної геодезичної планової та висотної мережі для зведення НБК – геодезичної будівельної сітки зі сторонами від 140 до 180 м з похибкою взаємного положення в плані та по висоті в межах 0,5-1 мм. Крім того, дано рекомендації стосовно технології інженерно-геодезичного контролю планово-висотного положення фундаментів при насуванні блоків на штатне місце, періодичності й технології спостережень за вертикальними та горизонтальними зміщеннями фундаментів і арки, конструкцій та розміщення контрольних марок, дистанційності й автоматизації інженерно-геодезичних вимірювань.

У зв'язку з початком будівельно-монтажних робіт фірмою "Новарка" у 2010 р. складено проект і зараз будується суміщена планово-висотна геодезична мережа 1-го класу із 8-ми пунктів, закріплених на



металевих пілонах з пристроями для примусового центрування геодезичних приладів. Консольні репери нівелювання закріплено у нижній частині пілонів. Вимірювання проводить Чорнобильський відділ ДНВП "Укрінжгеодезія" під керівництвом начальника відділу *І. П. Климуса*. Для вимірювань використовуються електронний тахеометр ТС 1800 та цифровий нівелір NA 3003 фірми "Leica". Паралельно здійснюються роботи, пов'язані з контролем будівельно-монтажних робіт при зведенні нової вентиляційної труби ОУ.

Упродовж останніх трьох років підприємство веде спостереження за деформаційними процесами на спорудах і вежі Київського телецентру.

**Запорізьке відділення ДНВП "Укрінжгеодезія"** впродовж 10-ти років працює на будівництві нового мостового переходу через р. Дніпро, о. Хортицю та р. Старий Дніпро. Довжина мостів 660 і 342 м з центральними прогонами по 260 м. Один із них підтримується вантами на пілоні висотою 151 м над рівнем води, а другий – балково-арковий. Прогінний матеріал мостів – сталь та залізобетон. Мости мають незалежні проїзди завширшки по 14,25 м.

На мостовому переході через Дніпро створено планову геодезичну мережу із 9-ти пунктів, які формують центральну систему з двома пунктами в акваторії річки, розташованими на скелі та опорі сусіднього мосту.

Вимірювання в мережі виконано електронним тахеометром ТС 1800 фірми "Leica". Точність побудови мережі характеризується такими СКП: положення пунктів – 1,3 мм, вимірювання сторони – 0,72 мм та напрямку – 0,76", відносні похибки вищевказаних сторін відповідно 1:276 000, 1:825 000 і 1:1 717 000. СКП сторони, визначена за різницями довжин, що виміряні в прямому та зворотному напрямках, становить 1,9 мм. Контрольні вимірювання виконано GPS-приймачами 4600 LS і 5700 фірми "Trimble", якими підтверджено збіжність довжин векторів та координат у межах до 4 мм.

Наразі на об'єкті ведуться інженерно-геодезичні вимірювання з контролю будівельно-монтажних робіт при зведенні мостових опор і шляхопроводів, прогінної будови.

**КДП "Київгеоінформатика"** також має багатий досвід виконання інженерно-геодезичних робіт при інженерних вишукуваннях, будівництві та спостереженнях за деформаціями інженерних споруд.

Найзначніші роботи, що виконувалися підприємством в останні 5 років:

- створення геодезичної основи та розмічування основних осей промислових будівель та житлових будинків і споруд інфраструктури Києва у кварталах комплексної забудови;
- контрольні виконавчі знімання будівництва висотних споруд;
- створення геодезичної основи та розмічування основних осей будівництва мостових переходів в Одеському морському торговому порту;
- розроблення проекту виконання геодезичних робіт та контроль будівництва пілонів вантового мосту через р. Дніпро в м. Запоріжжя;
- визначення відхилень від проектного поло-

ження підкранових рейкових шляхів мостових та козлових кранів і осідань фундаментів технологічного устаткування на ТЕЦ-4, ТЕЦ-5, ТЕЦ-6 та на заводі "Ленінська кузня" в Києві.

Підприємство долучається також до виконання інженерно-геодезичних вишукувань на об'єктах історичної та культурної спадщини України. Це комплекс споруд Національного заповідника "Софія Київська", Меморіальний комплекс "Національний музей історії Великої Вітчизняної війни 1941-1945 рр." у Києві, Заповідник місто-фортеця IX-XIII ст. "Тустань" на Львівщині. На цих об'єктах роботи велися з використанням наземного лазерного сканування для побудови просторових моделей об'єктів. Зокрема, на основі матеріалів сканування отримано точні креслення будівлі Софійського собору, що дозволить зробити розрахунки навантажень нестандартної конструкції. Сканування скель та залишків споруд стародавньої фортеці "Тустань" дозволило отримати точні креслення ситуації для проекту реконструкції даної пам'ятки історії.

Київгеоінформатика проводить роботи з геотехнічного моніторингу динамічного стану видатних споруд згаданих об'єктів, їх конструктивних елементів та прилеглих територій, а також інженерно-геодезичні роботи з контролю деформацій споруд Андріївської церкви одночасно з виконанням будівельних робіт з укріплення пагорбу і споруди самої церкви.

Значні обсяги унікальних інженерно-геодезичних робіт виконує **геодезична служба Рівненської АЕС**, де працює колектив з 28-ми висококваліфікованих фахівців, серед яких 18 інженерів-геодезистів, під керівництвом заслуженого геодезиста України *П. П. Шпаківського*. Колектив працює над вирішенням однієї з найактуальніших для економіки України проблем – забезпечення експлуатаційної надійності технологічного обладнання будівель та споруд об'єктів енергетичної галузі взагалі і РАЕС зокрема.

Геодезична служба виконує інженерно-геодезичні спостереження на геодинамічному полігоні РАЕС, створеному за участю НАН України, Київського інституту інженерних вишукувань "Енергопроект", УкрАГП в 1999 р., та спостереження за геометричними параметрами обладнання в процесі експлуатації. Про обсяг робіт на геодинамічному полігоні може свідчити те, що загальна кількість фундаментальних реперів вихідної нівелірної основи, глибинних марок, розміщених на різних підземних горизонтах, деформаційних знаків, за якими ведуться спостереження, у 2011 р. зросла до 3173-х. Одночасно ведуться спостереження за рівнем ґрунтових та підземних вод на 193-х гідрогеологічних, 192-х геофізичних і 35-ти сейсмоакустичних свердловинах. Комплексний аналіз даних спостережень на геодинамічному полігоні і науково-обґрунтований на його основі прогноз геодинамічних процесів забезпечив проектування і проведення протикарстових заходів, завдяки чому безпека експлуатації АЕС узгоджується з вимогами МАГАТЕ.

Науковий супровід робіт виконують НУ "Львівська



політехніка" (науковий керівник – доктор технічних наук, професор *К. Р. Третьак*) та Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (науковий керівник – доктор технічних наук, доцент *К. О. Бурак*). Виділимо інженерно-геодезичні спостереження за стабільністю геометричних параметрів обладнання в процесі експлуатації. Експлуатаційна надійність технологічного обладнання забезпечується якістю проектування й досконалістю технології його виготовлення. В процесі аналізу виконаних на РАЕС досліджень геодезична служба виявила численні випадки, коли обладнання, що експлуатується, не відповідало машинобудівним допускам. Основна причина полягає в тому, що великогабаритне і малосерійне обладнання являє собою переважно поштучні агрегати, збирання яких не завжди належно контролюються на заводах-виготовлювачах. Тому нерідко на практиці, особливо під час монтажу, виявляються порушення геометричних розмірів, випадки грубої обробки поверхонь, порушення нормативних допусків.

Безаварійна й ефективна експлуатація життєво важливого обладнання АЕС можлива при дотриманні певних геометричних умов, що вимагає організації та виконання постійного геодезичного контролю геометричних параметрів обладнання та його рихтування. Колектив науковців обох університетів здійснив наукове обґрунтування і створив відповідні методики геодезичного контролю обладнання з дотриманням чинних нормативних (регламентних) вимог до точності виконання вимірювань. Розроблені нормативи пройшли метрологічну експертизу, їх затверджено на галузевому рівні й використовуються вони, зокрема, для контролю геометричних параметрів колових підкранових колій мостових кранів, тепломеханічного обладнання РВ АЕС з ВВЕР-1000, контролю горизонтальності й площинності головних рознімів РУ, контролю співвісності СУЗ ШВК РУ типу ВВЕР-1000.

Ці методики впроваджені також на інших АЕС України, де проводяться постійні спостереження та дослідження деформацій герметичної оболонки РВ та колій колових кранів методом аналізу повторних вимірів спеціальних високоточних мереж трилатерації. За результатами спостережень, виконаних на АЕС України та за кордоном, встановлено, що причиною деформацій технологічного обладнання РВ на всіх блоках є нерівномірність натягу напружених арматурних пучків їх залізобетонної оболонки. Із врахуванням результатів цих досліджень при будівництві нових блоків зусилля натягу арматурних пучків ЗОРВ були оптимізовані, строго контролювався процес їх натягу. Це зменшило деформації ЗОРВ до допустимих значень і суттєво підвищило експлуатаційну надійність обладнання.

За результатами геодезичного контролю було підготовлено проект та виконано роботи з рихтування колових колій полярного крана РВ блока № 3 РАЕС, колій мостового крана центрального залу РВ блоків № 1 та № 2 цієї станції. Використання оптимальних алгоритмів дозволило значно

скоротити витрати на ремонтні роботи. Подальша експлуатація кранів показала значне покращення їх ходових властивостей.

Розроблено новий метод визначення температурного розширення реперних штанг вихідної нівелірної основи за даними вимірювання та аналізу температури ґрунтових і підземних вод у гідрогеологічних свердловинах на промайданчиках АЕС. Виконані дослідження дозволили оптимізувати роботи з вимірювання температури, суттєво удосконалити методику і підвищити точність врахування температури реперних штанг. Метод можна використовувати і при вивченні СВРЗК на геодинамічних полігонах.

Удосконалено процеси автоматизованого опрацювання матеріалів геодезичного контролю з використанням можливостей сучасного програмного забезпечення та ГІС-технологій. Зокрема, розроблено та досліджено можливості вирівнювання спеціальних інженерно-геодезичних мереж на основі оптимізаційних методів нелінійного програмування, поліпшено існуючі алгоритми визначення положення структурних ліній рельєфу. Розроблено нову процедуру автоматичного подання інформації про горизонталі у вигляді аналітичної моделі методом складання дискретного каркасу. Одержане рішення дає можливість побудувати горизонталі на графопобудовувачах із використанням стандартних пакетів графічних програм без переходу до густих регулярних сіток.

На основі розробленого наукового обґрунтування алгоритмізовано та доведено до стадії програмного продукту такі проекти АРМІГ АЕС (технологічний комплекс для опрацювання результатів геодезичного контролю експлуатаційної надійності обладнання та будівель АЕС), ГІС "Купол-Склепіння" (технологічний комплекс для опрацювання результатів спостережень за рівнем підземних вод на промайданчиках АЕС). Створення цих автоматизованих систем методами макропрограмування на основі сучасних комерційних баз даних дозволило не тільки облаштувати зручний стандартний графічний інтерфейс користувача, але й відкрило широкі можливості для збирання та введення даних із польових реєстраторів інформації, чого не вдавалося досягти існуючими методами. Основна ж перевага методу – оперативна побудова динамічних моделей для комплексного аналізу результатів геодезичних спостережень.

Успішне розв'язання всіх цих задач, яке передусім залежало від кваліфікації виконавців, було б неможливе і без постійної модернізації наявної на підприємстві геодезичної техніки. Завдяки розумінню дирекцією станції важливості геодезичного контролю в загальному комплексі робіт із забезпечення її експлуатаційної надійності тільки за останні роки парк геодезичних приладів поповнився сучасними електронними тахеометрами 2"-ї точності (SET230R, NTS352R) та цифровими нівелірами (SDL30M, Sprinter 150M). Для прецизійного нівелювання конструкцій технологічного обладнання застосовували гідронівелір Мейснера, мікронівелір з електронним рівнем. Здійснюється постійний метрологічний контроль наявної техніки.



**Галузева науково-дослідна лабораторія (ГНДЛ-18) Національного університету "Львівська політехніка"** за 5 останніх років виконала значний обсяг робіт, пов'язаний з інженерно-геодезичним моніторингом деформаційних процесів інженерних споруд АЕС, гідро- й теплових електростанцій, компресорних станцій, магістральних газопроводів, розташованих у районах підвищеної техногенної і тектонічної активності.

У 2007 р. лабораторія розробила нормативно-технологічну інструкцію "Визначення та прогноз деформацій інженерних споруд АЕС, ТЕЦ та ГЕС із застосуванням GPS-технологій". При її написанні враховано багатий досвід виконання моніторингових робіт на Рівненській АЕС, Теребле-Ріцькій, Дністровській, Канівській, Дніпродзержинській та Кременчуцькій ГЕС, Дністровській ГАЕС, Львівській та Івано-Франківській ТЕС, використано запатентовані методики побудови ГНС-мереж.

У 2007-2011 рр. тривали вимірювання деформацій і зміщень анкерних опор напірного трубопроводу Теребле-Ріцької ГЕС [14,16]. За результатами багаторічних вимірювань встановлено залежності змін деформацій і напружень у трубопроводі від рівня води у Тереблянському водосховищі. Визначено короткоперіодичні зміщення анкерних опор напірного трубопроводу в залежності від добового циклу навантаження на трубопровід. Вони досягали 12 мм (при СКП їх координат 3 мм). Результати спостережень дозволили спрогнозувати накопичення систематичних зміщень опор і дещо зменшити їх, відрегулювавши технологічний цикл експлуатації ГЕС.

Тривали спостереження за осіданнями споруд на Рівненській АЕС. За 5 років виконано 20 циклів спостережень нівелювання I класу. Встановлено, що середні вертикальні зміщення будівель, споруд і турбогенераторів досягали  $\pm 1,5$  мм, що свідчить про стабілізацію ситуації на АЕС (СКП перевищень на кілометр ходу становила 0,2 мм).

У 2007 р. продовжувались спостереження за осіданнями і деформаціями фундаментів газоконденсаторних агрегатів та підкранових шляхів КС УМГ "Львівтрансгаз". У ході нівелювання II класу визначено деформації та швидкості осідання фундаментів газоперекачувальних агрегатів. Осідання фундаментів за 12 років не перевищували 8 мм, точність визначення осідань була в межах 1,0-1,5 мм. Упродовж двох років велися топографо-геодезичні роботи з паспортизації КС у Комарно, Сокалі, Тернополі.

Того ж року визначалися горизонтальні зміщення гідротехнічних споруд Канівської, Дніпродзержинської, Кременчуцької ГЕС методом GPS. Для спостережень за горизонтальними зміщеннями гребель двох перших об'єктів було запроєктовано спеціальні геодезичні мережі й проведено два цикли спостережень, на Кременчуцькій ГЕС – один. СКП визначення планових координат не перевищували 2-3 мм.

Для виявлення горизонтальних зміщень пунктів опорної геодезичної мережі Дністровської ГАЕС виконано 10 циклів високоточних GPS-спостережень.

У 2010 р. на греблі Дніпровської ГЕС виконано

комплексні геодезичні спостереження, які включали високоточні GPS-вимірювання двочастотними приймачами та лінійно-кутові вимірювання тахеометром TPS-1201 Leica. СКП визначення координат пунктів не перевищувала 2 мм. Величини зміщень греблі впродовж 14-ти останніх років становили в середньому 6 мм. Того ж року розпочато роботи, пов'язані з автоматизацією геодезичних спостережень за технічними спорудами гідроелектростанцій України.

У співпраці з міжнародним консультантом Укргідроенерго – Electricite de France (EDF) з урахуванням міжнародного досвіду розроблено тендерний документ для створення систем моніторингу гідротехнічних споруд (ГТС). Переможцями тендерного торгу стали українська компанія – системний інтегратор "Банкомзв'язок" і швейцарська компанія "Leica".

У 2007-2008 рр. лабораторія проводила інженерно-геодезичні вишукування з метою ліквідації аварійного стану пам'ятки архітектури палацу Потоцьких у м. Львові. До комплексу робіт входили високоточне нівелювання фундаментів споруди, фотограмметричне знімання і 3D-сканування фасаду палацу та GPS-спостереження. Роботи здійснювалися оптичним теодолітом THEO-010, цифровою камерою фірми "CANON" та 3D-сканером Scanstation-2 (Leica). Для усунення дисторсійних спотворень виконано спеціальні дослідження об'єктива цифрової камери. Просторові координати опорних точок визначені тахеометром TPS-1201 з точністю 2-3 мм. За результатами досліджень побудовано 3D-модель палацу. Встановлено, що окремі елементи стін будівлі відхилились від прямої лінії до 25-30 мм на висоті 10-15 м.

Виконувалися інженерно-геодезичні спостереження за деформаційними процесами пам'ятки архітектури XVII-XVIII ст. – ансамблю колишнього монастиря домініканок у м. Белз Львівської області, де виявлено річні осідання контрольних марок фундаментів і колон від 1 до 25 мм.

ДП "Укргеодезмарк" ПАТ "Київметрбуд" за підтримки Українського товариства геодезії і картографії впродовж багатьох років співпрацює з провідними українськими науково-дослідними (НДІБВ), проектними (Укрметротунельпроект, Київоргбуд), навчальними (університет Нойбрандербурга, КНУБА, Львівська політехніка, Криворізький НУ, КТМТБ, КІТІЗ) закладами, багатьма вітчизняними (Дока, ТНТ, ГЕОНІКА) і закордонними компаніями (GMT Heger, Leica Geosystems, VMT, Visutronic, TPI, KOLIDA). Підприємство виконало значний обсяг геодезично-маркшейдерських робіт при спорудженні метрополітенів у містах Києві, Дніпропетровську й Донецьку, а також у Новодністровську при будівництві ГАЕС. За проектами німецьких компаній GMP та MERO-TSK виконувало інженерно-геодезичні роботи під час реконструкції та будівництва стадіонів у Києві та Львові до Євро-2012.

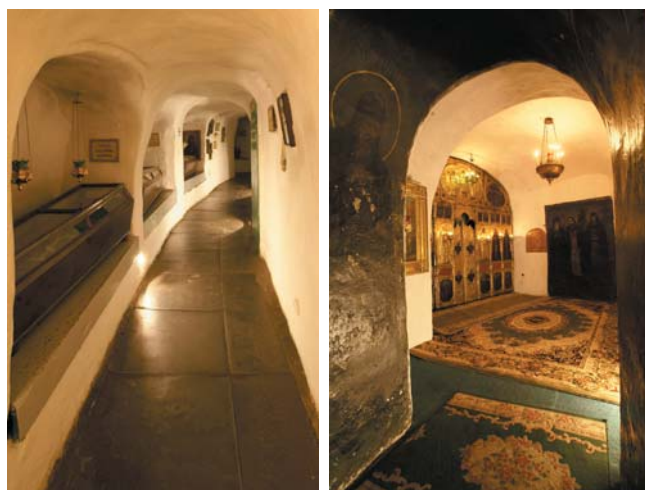
Завдяки геодезично-маркшейдерському контролю та своєчасному впровадженню превентивних заходів деформації багатьох споруд у Києві (Палац культури "Україна", Миколаївський костел,



НСК "Олімпійський", Палац спорту, музей "Золоті ворота", Археологічний музей, Музей західного і східного мистецтва, Музей літератури, Зоологічний музей, будівлі посольств Франції, Угорщини, Чехії, Словаччини, Польщі, США) та у Львові при будівництві підземного трамваю не перевищили допустимих величин.

Ведеться також інженерно-геодезичний моніторинг деформаційних процесів на багатьох висотних будинках, зокрема на торговельно-офісному центрі "Парус" висотою 136 м, що на розі бульвару Лесі Українки і вул. Мечникова, та будинку висотою 141,2 м на Спортивній площі неподалік Палацу спорту в м. Києві.

У листопаді-грудні 2008 р. ДП "Укргеодезмарк" разом з офіційним дилером фірми "Leica Geosystems AG" в Україні фірмою "Дока" виконало лазерне сканування храму в Дальніх печерах Києво-Печерської лаври (мал. 4).



а

б

Мал. 4. Фрагменти сканування печер:  
а – тунелю печери; б – підземного храму

Знімання з роздільністю 2 см проводили лазерною сканувальною системою ScanStation2 Leica Geosystems. Геодезичною основою для сканування служили пункти створеної раніше знімальної мережі у місцевій системі координат. Дознімання в закритих місцях печер здійснювали електронним тахеометром Leica T1200 +400.

Для моделювання лабіринтів печер створювалися триангуляційні моделі окремих площин з кроком 50×50 мм, а в місцях зі складними поверхнями – до 25×25 мм. Для якісного формування моделей використовувалися матеріали фотознімання. Результати вимірювань обробляли програмним комплексом "Cyclone 5.6". У майбутньому планується створення

3D-ГІС усієї Києво-Печерської лаври.

Говорячи про найближчу перспективу розвитку інженерної геодезії в Україні, необхідно звернути увагу на такі основні завдання.

1. Сучасна практика, крім автоматизації процесів отримання інженерно-геодезичної інформації завдяки застосуванню GPS-техніки, електронних тахеометрів, цифрових нівелірів, лазерних рулеток і сканерних тахеометрів, вимагає розроблення та впровадження різних автоматичних датчиків (інклінометрів) для геодезичного моніторингу споруд як системи стаціонарного відстежування деформаційних зміщень на будинках та інженерних спорудах між періодичними геодезичними спостереженнями. Досвід застосування датчика вертикалі ДВ-1, розробленого у ДНВП "Пошук", показав не тільки високу точність вимірювання зміни положення споруди, але й висунув нові вимоги до такої техніки моніторингу – автоматичної реєстрації даних з певним інтервалом, дистанційної передачі інформації в базу даних та оповіщення про перевищення регламентних відхилень контрольованого параметра, що надзвичайно важливо для таких споруд, як об'єкт "Укриття" ЧАЕС, у т. ч. й НБК. Очевидно, що випуск таких точних і дешевих пристроїв забезпечить можливість оперативного контролю й моніторингу техногенно та екологічно небезпечних об'єктів, таких як греблі, шлюзи, підпірні стіни і дамби гідротехнічних споруд, відкоси кар'єрів, висотні будівлі, телевежі, мостові опори та пілони, димарі, фундаменти турбоагрегатів, баштові крани, корпуси та відповідальні несні конструкції АЕС, ТЕС, ТЕЦ тощо.

2. З метою розширення параметрів контролю, крім відхилень конструкцій від вертикалі та горизонталі, такі датчики доцільно доповнювати пристроями для вимірювання змін у взаємному розташуванні окремих вузлів будівельних конструкцій, тобто вимірювання горизонтальних та вертикальних зміщень, кручень, що можна було б успішно реалізувати за допомогою енергоекономічних гіроскопічних датчиків як систем збереження референтного (первинного) положення горизонтальної та вертикальної площин, напрямку тощо.

3. На відповідальних висотних спорудах доцільно створювати систему автоматичного моніторингу деформацій з використанням GPS-методу (RTK), розгалуженої мережі високоточних (до 1") інклінометрів та передачі даних у центр опрацювання та аналізу.

4. Необхідно також інтенсивніше впроваджувати комп'ютерні технології для архівації виконавчих схем та планів різних об'єктів будівництва, особливо на скриті роботи, наприклад, такі як укладання підземних комунікацій, дослідження фундаментів споруд і т. п.

Надійшла 21.09.11