

## КОМПЛЕКСНИЙ ГЕОТЕХНІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЯК ОСНОВА ЗБЕРЕЖЕННЯ ПАМ'ЯТОК АРХІТЕКТУРИ

А. Дишлик, С. Марков  
КДП “Київгеоінформатика”

Е. Кожан

Національний заповідник “Софія Київська”

**Ключові слова:** пам'ятки архітектури, ризики, геотехнічний моніторинг.

Проблеми моніторингу урбанізованих територій на сучасному етапі вийшли далеко за межі суто наукових інтересів і мають конкретну практичну спрямованість. Прогноз і зменшення ризиків природних і техногенних катастроф на урбанізованих територіях мають глобальне значення для людства. Наприклад, місто Київ як класична урбанізована природно-техногенна геосистема формувалася в умовах складного поєднання дії природних і антропогенних чинників у часі і просторі впродовж більш ніж півтора тисячорічного періоду, коли неодноразово спостерігалися прояви небезпечних процесів (землетруси, зсуви, ерозія, просідання тощо), які в міру освоєння міської території набували інколи катастрофічного характеру. Особливо важливою стає ця проблема, коли в умовах урбанізованого середовища необхідно забезпечити охорону важливих об'єктів культурної спадщини. Прикладом такого об'єкта є архітектурні комплекси Національного заповідника “Софія Київська”, що внесені до переліку ЮНЕСКО.

Для території м. Києва найістотнішими є такі процеси, як сучасні повільні тектонічні (вертикальні і горизонтальні) і сейсмічні рухи земної кори, активізація крипових рухів по розломах – з ендегенної групи, гравітаційні (зсуви), ерозійні і суфозійно-просадочні, заболочування – з екзогенної групи. Останнім часом набувають особливого значення такі загрозливі явища природно-техногенного і техногенного походження, як підтоплення, осідання ґрунту внаслідок ущільнення ґрунтів основи, передусім техногенного походження. Прояви названих небезпечних процесів прямо або побічно впливають на безпеку населення й інфраструктуру міста, особливо на забудову з тисячо-

літньою історією та численними архітектурними пам'ятками. Підтоплення території сприяє значним деформаціям на поверхні ґрунту та розвитку їх в наявній забудові. Воно також зумовлює виникнення теплових аномалій, і, певною мірою, зміну електричних полів.

Особливо небезпечним з погляду техногенного впливу на геологічне середовище є втручання людини в довкілля поблизу наявних зон розломів, а саме: зміни рельєфу та інших елементів природного ландшафту, створення додаткового навантаження на блоки кристалічного фундаменту, закачування води під землю і відкачування її з водоносних пластів, підрізання схилів, створення запруд, що може призводити до оживлення зон тектонічних розломів. Інтенсифікація містобудівної діяльності в межах правобережної частини центрального історичного ареалу спричиняє утворення певних негативних фізичних полів у геологічному середовищі. Серед них найзагрозливішими є вібраційні, теплові та електричні.

Отже, сучасний техногенний вплив діє на ґрунт, поверхневі, ґрунтові й глибинні води, верхні товщі гірських порід, провокуючи розвиток екзогенних геологічних процесів, що змінюють інженерно-геологічні умови будівництва й експлуатації міських споруд. Сьогодні може утворюватися “ланцюгова реакція”, коли одне явище породжує інше, посилюючи дію першого, другого і наступного і, загалом, процес стає некерованим.

У цих жорстких умовах великою проблемою стає збереження пам'яток архітектури, яких доволі багато на території Києва. Можна умовно визначити такі ступені досконалості вирішення цієї проблеми (див. рис. 1):

- Інвентаризація об'єкта, тобто впорядковане збирання інформації про об'єкт та його основні характеристики та властивості.

- Моніторинг, під яким розуміють систематизоване періодичне збирання даних про основні характеристики об'єкта культурної спадщини, а також про явища, які впливають на його стан.

- Оцінка стану об'єкта – процес опису поточного стану об'єкта на основі результатів моніторингу.

- Визначення імовірнісних характеристик – підрахунок основних імовірнісних показників, що дають змогу кількісно оцінити ризики втрати об'єкта.

- Прогнозування – побудова наукової моделі поведінки об'єкта у майбутньому.

- Управління збереженням – цілеспрямований процес впливу на джерела ризиків з метою мінімізації імовірності цих ризиків та забезпечення найкращих умов збереження пам'ятки.



Рис. 1. Ступені досконалості процесу збереження пам'ятки культурної спадщини

Доцільність організації моніторингових геодинамічних спостережень пам'яток архітектурної спадщини у межах міста підтверджується багатьма нормативними документами, прийня-

тими впродовж останніх років. Під час формування переліку даних моніторингу слід зважати на специфіку обстеження споруд особливої архітектурно-історичної цінності та враховувати такі загальні положення:

1. Старовинні, сучасні будівлі великого господарського значення, сакральні і допоміжні споруди, через яскраво виражену індивідуальність, специфіку свого призначення, реальні умови експлуатації за час їх давнього існування, особливості будівельних матеріалів і застосовані конструктивні рішення, істотно відрізняються від інших споруд.

2. У зв'язку з тим, що в храмових спорудах поверхні покриттів і перекриттів мають, як правило, криволінійні (лекальні) форми, особливе значення має ретельність вимірювання геометричних параметрів і кваліфіковане складання обмірних креслень частин будівель. Від цього залежить достовірність визначення діючих навантажень і фактичних розрахункових схем несучих конструкцій будівель і, відповідно, правильність оцінки фактичного технічного стану окремих конструкцій і споруди загалом.

3. Особливістю будівель храмів є і те, що їх несучі та огорожувальні конструкції органічно і нерозривно пов'язані з характерним декором, виробленим багатовіковими традиціями. Незалежно від причин деформації несучих конструкцій (стін, стовпів, арок, зведень, куполів тощо), небезпека їх пошкоджень і руйнувань полягає не тільки в тому, що це може загрожувати виведенням будівель з експлуатації. Розтріскування і руйнування цегляної кладки призводить до розривів, відшаровування і втрат безцінних стародавніх мозаїк, фресок, розписів, зокрема і художньої ліпнини в будівлях пізнішого будівництва. Біологічна агресія також небезпечна для кам'яної кладки і тинькових шарів. Вона загрожує необоротною втратою фрескового і фарбового олійного живопису храмів.

4. Деформації і пошкодження старовинних будівель і споруд часто спричинені природними процесами, зміною стану ґрунтів основи, водного балансу території, умов життя мікроорганізмів, підвищенням агресивності природних чинників, що значно прискорюють старіння будівельних матеріалів, сучасними техногенними діями, пов'язаними з господарською діяльністю людини, використанням будівель і споруд не за призначенням, безгосподарною експлуатацією, вандалізмом, війнами.

Тому оцінка технічного стану й експлуатаційної надійності таких споруд вимагає спе-

ціальних методів обстеження з урахуванням специфічності всього спектра проблеми. Об'єктивність діагностики стану конструкцій будівель ґрунтується на комплексному обстеженні, що максимально повно охоплює всі чинники, які впливають на споруди. Упущення (неповний облік) будь-яких з цих чинників може призвести (і нерідко призводить) до неповної або навіть помилкової оцінки стану конструкцій, що спричиняє розроблення незадовільних інженерних рішень щодо відновлення і реставрації споруд.

Необхідність у виконанні обстежень, їх обсяг, склад і характер залежать від поставлених конкретних завдань. Підставою для обстеження можуть бути такі причини:

- наявність дефектів і пошкоджень конструктивних елементів або частин будівлі (внаслідок природних або техногенних, механічних, статичних, біологічних, хімічних, температурних, динамічних дій, зокрема нерівномірних деформацій ґрунтів основи), що знижує міцнісні, деформаційні характеристики конструкції і погіршує експлуатаційний стан будівель загалом;

- реконструкція будівель навіть у випадках, що не супроводжуються збільшенням навантажень;

- зміна функціонального призначення будівель (споруд);

- деформації ґрунтових основ або ознаки розвитку фізико-геологічних й інженерно-геологічних процесів;

- необхідність контролю та оцінки стану конструкцій будівель, поблизу яких ведеться нове будівництво, особливо, якщо для цього виривається котлован або здійснюються роботи із забивання паль.

Під час обстеження сакральних і допоміжних будівель об'єктами розгляду є такі основні несучі й огорожувальні конструкції і частини будівель:

- фундаменти, ростверки, палі;
- опорні конструкції – стіни, стовпи, пілястри, контрфорси;

- перекриття і покриття (арки, склепіння, куполи, конхи, шатри, балки);

- несучі конструктивні елементи, що сприймають зусилля розпорів у цих типах покриттів, – зв'язки, стяжки, опорні кільця куполів;

- елементи забезпечення просторової жорсткості споруд;

- стики, вузли, з'єднання конструктивних елементів і частин споруд;

- покрівля даху, зокрема, система відведення води з покрівлі, водозбірники, воронки тощо;

- підлоги у приміщеннях;
- зовнішнє вимощення і система відведення води від стін;

- склад, структура, стан, властивості ґрунтів основи.

Під час обстеження основи, розташованої у зоні впливу динамічних і техногенних дій, необхідно враховувати значущість таких інженерно-геологічних чинників:

- високе положення рівня ґрунтових вод;
- наявність верховодки (зокрема витоки);
- акумуляція поверхневого стоку;
- наявність підземних порожнин;
- суфозія мілкозему;
- обвальні переміщення і опливання ґрунтів;
- зміна фізико-механічних властивостей ґрунтів основи.

Ці чинники порівнюються з реакцією споруд за такими критеріями:

- відшаровування тиньку і висока вогкість стін;

- розкриття тріщин у будівлі;

- вібрації від зовнішніх техногенних навантажень;

- осідання фундаментів;

- крен будівель.

При цьому необхідно враховувати: час будівництва споруди та прибудов, наявність аварій, значних ремонтів і реставрацій, обстежень, зокрема останніх, конструкцію будівель, висоту і розміри в плані, характеристику будівельних матеріалів, тип, глибину закладення і ширину фундаментів.

Виконання окремих досліджень на пам'ятках, звичайно, не дає змоги встановити весь комплекс можливого впливу різних чинників на довговічність тієї або іншої споруди. Необхідно виконати комплекс наукових досліджень, що охоплюють всі чинники, які впливають на довговічність архітектурних пам'яток.

Науково-технічний моніторинг для таких будівель можна розглядати як систему взаємопов'язаних досліджень розвитку різних процесів в основах, фундаментах і наземних конструкціях за техногенної дії навколишнього середовища. Його основною метою є своєчасне запобігання негативним наслідкам зовнішніх і внутрішніх дій на споруду і розроблення на цій основі запобіжних методів захисту конструкцій.

В основу моніторингу пам'яток повинен бути покладений такий принцип: дослідження і вишукування на пам'ятниках повинні провадитися у щадному режимі.

Стосовно геологічних досліджень це означає прагнення до мінімальних обсягів бурових і шурфових робіт, максимального використання накопиченої геологічної інформації і застосування неруйнівних методів контролю за станом основ.

Комплексний геотехнічний моніторинг споруд Національного заповідника “Софія Київська” провадиться з метою виявлення дестабілізуючих природних і антропогенних процесів, які впливають на стабільність навколишнього середовища і збереження споруд Національного заповідника “Софія Київська”, а також визначення критеріїв оцінки стійкості території заповідника до небезпечних природних і техногенних процесів.

Конструктивна особливість цих старовинних будівель полягає в тому, що вони побудовані на стрічкових фундаментах неглибокого закладення від 0,70 м до 1,40 м. Геологічна основа, на якій тримаються стародавні будівлі, складається з осадкових ґрунтів, нестійких у разі зволоження [1]. Конструктивна система будівель, особливо собору і його дзвіниці, за час їх існування зазнала значних змін, що підсилило концентрацію напруги в стінах і зводах споруд. Спостерігаються прояви деформацій будівель, які є наслідком нерівномірного просідання фундаментів і негативного впливу інших чинників, зокрема природних і техногенних. Вплив навколишнього середовища, яке постійно змінюється, особливо впродовж останніх років у зв'язку з інтенсивною урбанізацією історичного центру Києва, є одним з найістотнішим.

Наукові дослідження Софійського собору започатковані в першій половині XIX століття. Тоді ж вперше звернули увагу на наявність ознак деформацій окремих частин споруди, які супроводжувалися появою тріщин у стінах і зводах собору, що з'явилися ще в середньовічні часи. Прояви деформацій у несучих конструкціях собору час від часу посилюються під впливом навколишнього середовища і техногенних змін, які відбуваються у ньому. Так, значно розширилася мережа тріщин у стінах і зводах собору в середині 70-х років XX століття під час землетрусу в Румунії.

Окрім тріщин, звертають на себе увагу значні і нерівномірні – до 40 см – просідання старовинної підлоги, особливо в місцях її сполучення з несучими конструкціями – стовпами і стінами.

Важливе значення для подальшого аналізу технічного стану Софійського собору мали дослідження, які були виконані напередодні чергової реставрації в 80-х і на початку 90-х років XX століття. Під час цих натурних досліджень саме в центральній частині собору, в головному

вівтарі і в центральному куполі були виявлені місця відшаровувань стародавньої штукатурки з цінними мозаїчними зображеннями XI сторіччя. Незважаючи на часткове закріплення деяких місць під час реставрації, небезпека подальшого розвитку таких негативних явищ залишається.

Наведені факти спонукають до глибших досліджень причин негативних явищ з урахуванням змін конструктивної та об'ємно-просторової системи Софійського собору, які відбувалися протягом декількох століть, особливо в період з XVII по XIX століття. Важливість урахування таких змін полягає не лише в з'ясуванні архітектурно-будівельної історії споруди і її загального композиційного задуму, але, головню, у визначенні концентрацій напруги, які розвивалися в споруді протягом довгого часу, для адекватного застосування заходів консервації з метою збереження собору.

У 2005 р. було виконано комплексне лазерне сканування інтер'єрів собору і його фасадів з точністю 3–5 мм, що дало змогу вперше за всю історію вивчення собору отримати його геометричну просторову модель з високою точністю. Метод лазерного сканування дає можливість досліджувати процес розвитку тріщин у конструкціях собору, стан творів монументального живопису і відстежувати осідання і просідання конструкцій, а також їх відхилення від вертикалі.

Для виявлення причин негативних явищ, завчасного запобігання їх розвитку і науково обґрунтованого підходу до здійснення заходів щодо збереження старовинних будівель на території архітектурного ансамблю Софійського собору і поблизу нього здійснюються такі наукові дослідження:

- геофізичні дослідження на території архітектурного ансамблю Софійського собору і прилеглої до нього території історичного центру Києва з метою виявлення аномалій і негативних процесів, які загрожують спорудам;
- гідрогеологічні спостереження за станом ґрунтового масиву, в межах якого розташовані фундаменти будівель;
- георадарні дослідження основ і фундаментів споруд з метою визначення їх реальної конфігурації і глибини їх залягання;
- георадарні та ультразвукові дослідження несучих конструкцій споруд з метою виявлення місць концентрації напруги й ослаблених місць у тілі споруд;
- геодезичні спостереження за станом Софійського собору та його дзвіниці, а також деформацій і крену несучих конструкцій;

- термографічні дослідження;
- фотограмметрична фіксація і документування споруд і творів монументального настінного живопису;
- дослідження напруженого стану споруд Софійського собору і його дзвіниці за допомогою математичного моделювання і розроблення комп'ютерної програми напруженого стану конструктивних систем і змін, які відбувалися в них протягом довгого часу;
- натурні дослідження фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів у тілі старовинних будівель і визначення їх залишкового ресурсу.

Методологія геофізичних досліджень ґрунтується на вивченні геоелектричних і сейсмоакустичних параметрів геологічного середовища. Для виконання геофізичних досліджень розроблена і використовується спеціальна багатofункціональна та стійка до зовнішніх дій комп'ютеризована геофізична станція, за допомогою якої виявлені зони геодинамічної активності на території історичного центру м. Києва. Встановлено, що собор розташований над тектонічними розломами, активність яких підтверджується інструментально. Виявлено вплив на територію історичного центру Києва, зокрема на споруди архітектурного ансамблю Софійського собору, сейсмічних явищ, які відбуваються час від часу в сейсмічно активному районі румунських Карпат (район Вранча). Це має істотне значення з огляду на те, що конструктивна система Софійського собору і його дзвіниці не мають елементів, які б протидіяли сейсмічним поштовхам, особливо в горизонтальному напрямі. Історичні дані про перебування дзвіниці у зв'язку з її аварійним станом у першій половині XVIII і в першій половині XIX сторіччя і хронологія значних для Києва землетрусів в XVIII і в XIX сторіччях свідчать про те, що ці явища зв'язані між собою.

Орієнтація мережі основних тріщин у стінах і зводах Софійського собору, а також аномалії у верхніх шарах його геологічної основи збігаються з напрямом тектонічного розлому, розташованого уздовж схилів правого берега Дніпра.

Дослідження гідрогеологічної ситуації виконуються з використанням мережі свердловин, розташованих на території архітектурного ансамблю Софійського собору. Крім того, застосовують дані, які характеризують спільну обстановку гідрогеології і її зміни на території правобережної частини Києва в зоні його історичного центру.

Нині отримані такі результати:

- Встановлена тенденція і напрями підняття на 0,7–1,5 м рівня поверхневих вод і зволоження саме верхніх шарів ґрунтового масиву, в товщі якого розташовані фундаменти споруд на всій території архітектурного ансамблю Софійського собору і на прилеглий території історичного центру Києва. Таке піднімання рівня ґрунтових вод викликає занепокоєння, оскільки характеризується баражним ефектом внаслідок будівництва заглиблених на 10–12 м підземних споруд.

- Встановлені межі гідрологічної охоронної зони території архітектурного ансамблю Софійського собору, на території якої необхідно запобігати негативним впливам протікань з водоносних інженерних мереж містобудівного оточення.

- Запропонована мережа контрольних режимних свердловин гідрологічної охоронної зони, в межах якої повинна регламентуватися експлуатація водоносних інженерних комунікацій.

Перші результати георадарних досліджень – це конфігурація фундаментів під зовнішніми стінами Софійського собору, конфігурація фундаментів під дзвіницею і схема ослаблених місць у стінах собору і дзвіниці. Результати досліджень потребують подальшого уточнення.

Під час геодезичних спостережень розв'язували такі задачі:

- створення опорної мережі геодезичних пунктів на території архітектурного ансамблю Софійського собору, інших пам'яток заповідника і його великомасштабне аерофотознімання (зокрема цифрове АФЗ);

- створення геодезичної мережі всередині собору та дзвіниці;

- фотознімання фасадів та інтер'єрів споруд;

- фотограмметрична фіксація монументального настінного живопису Софійського собору;

- спостереження за деформаціями і креном дзвіниці і Софійського собору, а також Андріївською і Кирилівською церквами.

Нині отримано такі результати геодезичних досліджень:

- створена високоточна (с.к.п. +/- 1.2 мм) опорна мережа геодезичних пунктів на території всіх пам'яток заповідника (лінійно-кутові мережі) з використанням супутникових спостережень GPS та прецизійних тахеометрів. Геодезична мережа використовується як носій системи координат, в якій будуються просторові моделі всіх споруд архітектурного ансамблю;

- просторові моделі всіх стародавніх споруд пов'язані як із системою локальних координат,

так і з міжнародною системою просторових координат WGS-84;

- геоінформаційна система моніторингу території ґрунтується на високоточному топографічному зніманні у масштабі 1:200 з нанесенням всіх споруд і підземних інженерних мереж, положення яких визначене за допомогою високоточних електронних приладів або в результаті виконавчого знімання під час капітального ремонту чи прокладання нових інженерних мереж;

- моніторинг охоронних зон здійснюється з використанням матеріалів дистанційного зондування землі (цифрове аерофотознімання з розміром пікселя 6–7 см та космічні знімки високої роздільної здатності);

- здійснюються циклічні (два рази на рік) спостереження за станом Софійського собору, дзвіниці, Кирилівської і Андріївської церков. У зв'язку з великою щільністю навколишньої забудови і значною висотою споруд для спостереженнями за їх станом був вибраний спосіб просторових лінійно-кутових засічок у комплексі із стереофотограмметричним способом. На фасадах споруд по всій їх висоті встановлені спеціальні світловідбивачі з візирними цілями. Спостереження здійснюються з використанням високоточного роботизованого електронного тахеометра.

Геодезичними спостереженнями минулих років та за період з 2002 по 2009 рік встановлено нерівномірне осідання фундаментів Софійського собору, дзвіниці, а також Кирилівської і Андріївської церков. Це призводить до концентрації додаткової напруги в несучих конструкціях споруд і сприяє розвитку мережі тріщин (рис. 2, 3).

Розроблені просторові цифрові моделі напруженого стану конструкцій Софійського собору і

дзвіниці з використанням методу кінцевих елементів. Результати аналізу свідчать про адекватність створених математичних моделей. Розрахункові місця концентрації напруги відповідають реальному розташуванню тріщин та інших ослаблених місць в стінах і зводах споруд [3].

Викладені результати є складовими частинами системи комплексного моніторингу технічного стану споруд і території архітектурного ансамблю Софійського собору. Призначення такої системи – це постійне спостереження за динамікою процесів, які впливають на технічний стан території і давніх споруд з метою завчасного запобігання їх негативним наслідкам.

Моніторинг архітектурних пам'яток і об'єктів культурної спадщини має багато аспектів, зокрема юридичний, соціально-економічний, природно-екологічний, зонально-охоронний, містобудівний, архітектурно-археологічний, геологічний та інженерно-технічний [4]. Усвідомлюючи особливу цінність древніх архітектурних пам'яток для нащадків як об'єктів культурної спадщини і спадкоємності поколінь, першочерговими вибрані саме ті напрями досліджень, які безпосередньо і практично спрямовані на їх фізичне збереження упродовж максимально тривалого часу.

Особливістю організації робіт з комплексного геотехнічного моніторингу є залучення до співпраці низки науково-дослідних установ Національної академії наук України, Міністерства архітектури і будівництва України, Міністерства екології і природних ресурсів України за участі і під керівництвом Національного заповідника “Софія Київська”.

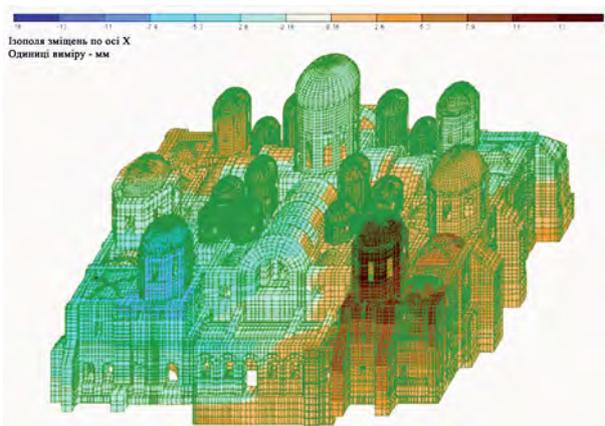


Рис. 2. Результати просторового розрахунку Софійського собору. Ізополя переміщень розрахункової моделі уздовж осі OX

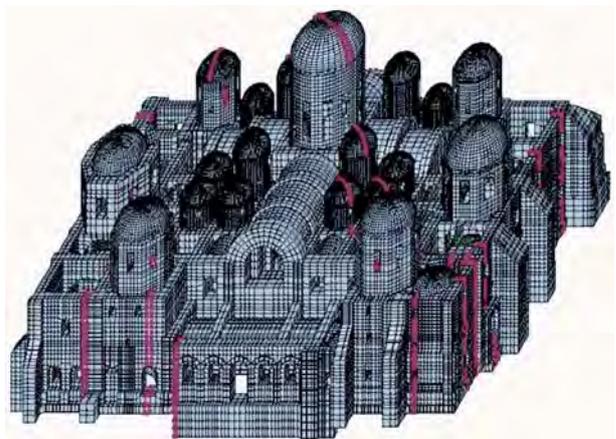


Рис. 3. Наскрізні тріщини в несучих конструкціях Собору. Вид зі сходу

### Література

1. Джепо С., Рибін В. Аспекти реалізації гідрогеологічного моніторингу на прикладі Софії Київської // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції “Софійські читання”. – К., 2004. – С. 92–93.
2. Корчагін І., Левашов С., Якимчук М., Прохоренко В. Геофізичні дослідження підземних порожнин софійського подвір'я // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції “Софійські читання”. – К., 2004. – С. 165–167.
3. Матвеев И.В., Кравченко В.И. и др. Мониторинг напряженно-деформированного состояния собора “Софии Киевской” // Сугдейский сборник. – Вып. 2. – К., 2005. – С. 596–601.
4. Матвеев І., Кравченко В. та інші. Основні принципи створення технічного моніторингу Софійського собору і дзвіниці // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції “Софійські читання”. – К.: НЗ “Софія Київська”, 2004. – С. 189–194.

#### Комплексний геотехнічний моніторинг як основа збереження пам'яток архітектури

А. Дишлик, С. Марков, Е. Кожан

Викладено результати робіт зі створення комплексної системи моніторингу технічного стану споруд і території архітектурного ансамблю Софійського собору для постійного нагляду за

динамікою процесів, що впливають на технічний стан території і давніх споруд з метою своєчасного запобігання їх негативним наслідкам.

#### Комплексный геотехнический мониторинг как основа сохранения памятников архитектуры

А. Дышлык, С. Марков, Е. Кожан

Изложены результаты работ по созданию комплексной системы мониторинга технического состояния сооружений и территории архитектурного ансамбля Софийского собора для постоянного наблюдения за динамикой процессов, которые влияют на техническое состояние территории и древних сооружений с целью заблаговременного предотвращения их негативных последствий.

#### Complex geotechnical monitoring as a basis for preservation of monuments

A. Dyshlyk, S. Markov, E. Kozhan

This article contains description of results on creation of the complex monitoring system over the technical state of the Sophia cathedral buildings and territory. The system of monitoring is needed for the permanent supervision after the dynamics of processes which influence on the technical state of territory and ancient buildings with the purpose of the early prevention of their negative consequences.

#### Тревого І. С. Шевченко Т. Г., Мороз О. І. ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ. ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник. Друге видання, доповнене / за заг. ред. Т. Г. Шевченка.

Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 236 с.

Формат 145 x 215 мм. Тверда обкладинка. ISBN: 978-966-553-906-3

Рекомендувало Міністерство освіти і науки України

**ЗМІСТ:** 1. Короткі відомості з геометричної оптики, про оптичні деталі та оптичні системи геодезичних приладів. 2. Будова точних оптичних теодолітів. 3. Відлікові пристрої геодезичних приладів. 4. Приклади роботи електронними тахеометрами. 5. Відлікові пристрої нівелірів. 6. Дослідження відлікових пристроїв. 7. Дослідження рівнів та компенсаторів нахилу. 8. Дослідження і деякі перевірки кутомірних приладів. 9. Дослідження і деякі перевірки нівелірів. Список літератури.

У практикумі викладено основи геодезичного приладознавства, розглянуто теорію, будову, а також способи перевірок та дослідження сучасних геодезичних приладів. Подано відомості з геометричної оптики та оптичних систем, які необхідні для вивчення сучасних геодезичних приладів. Розглянуто теорію та будову основних вузлів геодезичних приладів, а також способи їхнього дослідження. Описано сучасні оптичні та електронні геодезичні прилади, їхню конструкцію, будову, подано принципів функціональні та оптичні схеми приладів. Розглянуто перевірки і дослідження приладів, зокрема й електронних. Сформульовано основні напрями сучасного геодезичного приладобудування. Для студентів геодезичних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Книги можна замовити за адресою: вул. Ф. Колесси, 2, корп. 23А, м. Львів, 79000  
тел. +38 032 258-21-46, факс +38 032 258-21-36, ел. пошта: [vmr@vlp.com.ua](mailto:vmr@vlp.com.ua), <http://vlp.com.ua>

