

УДК 624.131.2;626/627;721/728

*П.Є. Григоровський, к.т.н. ДП НДІБВ,  
м. Київ.*

## **ВПЛИВ БУДІВЕЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ПРИДАТНІСТЬ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА**

### **АНОТАЦІЯ**

У статті проаналізовано вплив вимірювань і моніторингу на всіх етапах життєвого циклу будівель і споруд на тривалість їх експлуатації. Визначені основні методи моніторингу технічного стану будинків та їх конструкцій. Показаний вплив якості вимірювань і своєчасного моніторингу на експлуатаційну придатність будівель.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, геотехнічний моніторинг, динамічні характеристики, методи і технічні засоби, несучі конструкції, спостереження за технічним станом, життєвий цикл, експлуатаційна придатність будівель.

Забезпечення довготривалої експлуатації об'єктів будівництва — важлива техніко-економічна проблема їх проектування, будівництва та експлуатації. Якість будівельної продукції — важливий чинник, що впливає на вартість, економічність і рентабельність закінченого будівництвом об'єкта, забезпечує його надійність і довговічність в процесі експлуатації.

Строк життя об'єкта будівництва — це час від моменту обґрунтування необхідності його зведення до настання економічної недоцільності подальшої експлуатації [1]. Він поділяється на етапи проектування, підготовчого періоду, нульового циклу, зведення будівлі, експлуатації будівлі та період її фізичного і морального зносу. Останній етап — це закінчення життєвого циклу або початок нового, що настає після виконання робіт з відновлення фізико-механічних і експлуатаційних характеристик будівель.

Протягом життєвого циклу виконується комплекс заходів, спрямованих на одержання інформації, яка необхідна для виконання робіт відповідного етапу. Від кількості такої інформації залежить правильність прийняття рішень щодо підвищення експлуатаційних характеристик об'єктів будів-

ництва, тому її обсяг впливає на тривалість етапу експлуатації. Важливою складовою процесу отримання достовірної інформації є ефективні методи вимірювань та моніторингу.

У статті зроблена спроба показати вплив якості вимірювань та моніторингу на всіх етапах життєвого циклу об'єкта будівництва на тривалість його експлуатації.

На рис. 1 представлено схему робіт на всіх етапах життєвого циклу у вигляді єдиного технологічного процесу. Цей процес включає, крім будівництва та експлуатації: вишукування, геодезичні роботи, випробування матеріалів і конструкцій, процес обстеження будівлі. Всі ці процеси не тільки забезпечують якість будівельних робіт, але і впливають на тривалість життя будівлі.

На блок-схемах, наведених на рис. 2–5, відображені роботи, що пов'язані з вимірюваннями під час всіх періодів життєвого циклу об'єкта будівництва, а саме: проектування, підготовчі роботи, нульовий цикл, будівництво, експлуатація з ремонтами та кінцевий етап — його ліквідація. На схемах як один з елементів єдиного технологічного процесу будівництва та експлуатації будівлі включені процеси геодезичних робіт, контролю технологічних процесів та якості матеріалів і конструкцій, планові та позапланові огляди, обстеження технічного стану. Без виконання цих робіт неможливо проведення будівельних робіт та забезпечення експлуатаційної придатності об'єктів будівництва.

У процесі експлуатації на довговічність об'єкта впливають як зовнішні, так і внутрішні фактори. У процесі будівництва — це помилки проектування, неякісні матеріали та конструкції, дефекти монтажу тощо. До зовнішніх факторів відносяться як фізико-хімічні, так і механічні впливи: радіація, температура, повітряні потоки, грозові розряди, шум та звукові коливання, хімічні агресивні речовини, тиск ґрунту, підземні води, сейсмічні коливання тощо. До внутрішніх факторів відносяться: навантаження самої будівлі на основу і фундамент, зміна температури та вологості, удари, вібрації, біологічні шкідники, умови експлуатації та інші техногенні фактори.

Строк життя об'єктів будівництва різко скорочується у випадку недостатньої якості проектування і будівництва, а також якості будівельних матеріалів, невідповідності будівництва проектним та нормативним вимогам (рис. 6).

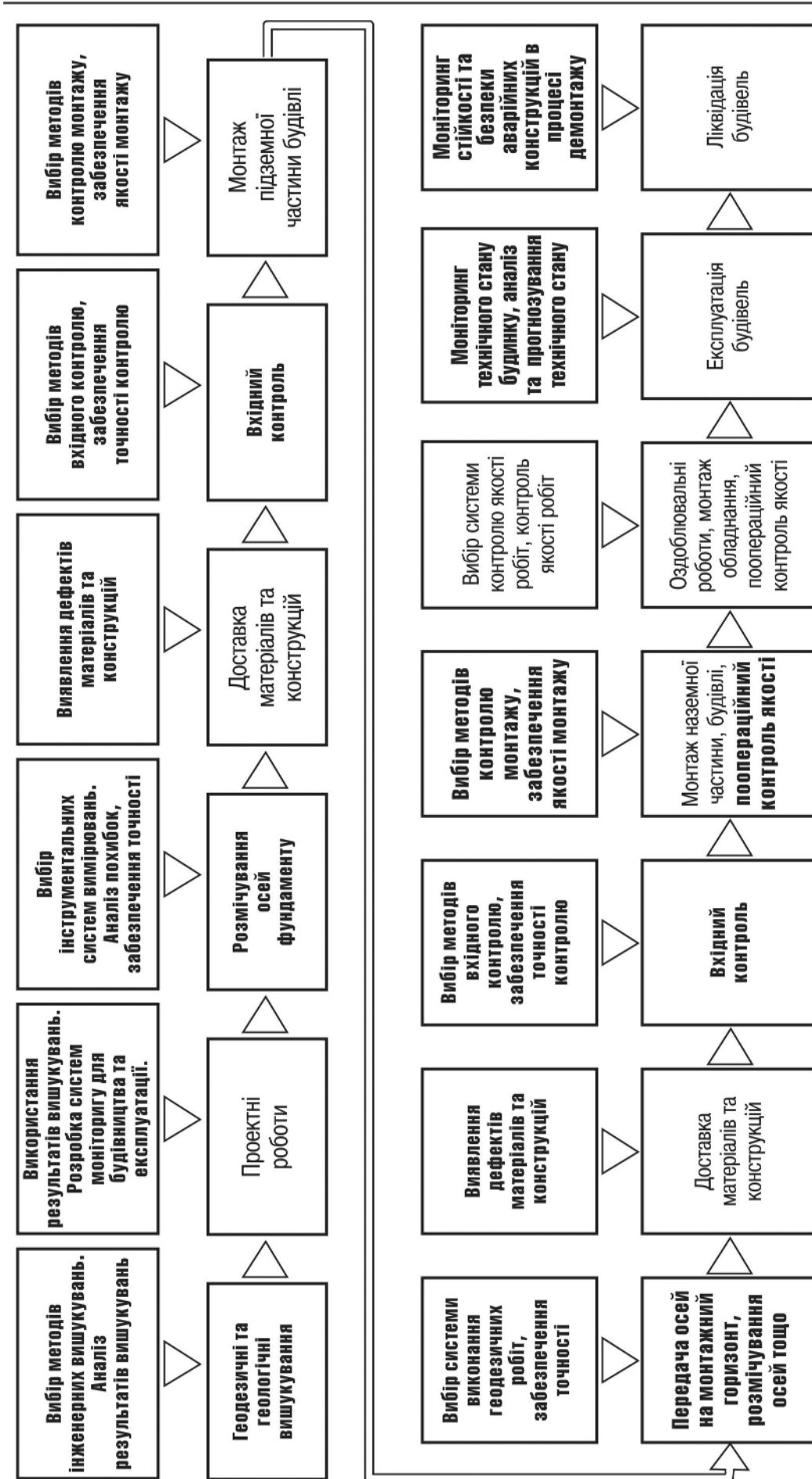


Рис. 1. Будівельно-вимірювальні роботи у складі життєвого циклу об'єктів будівництва

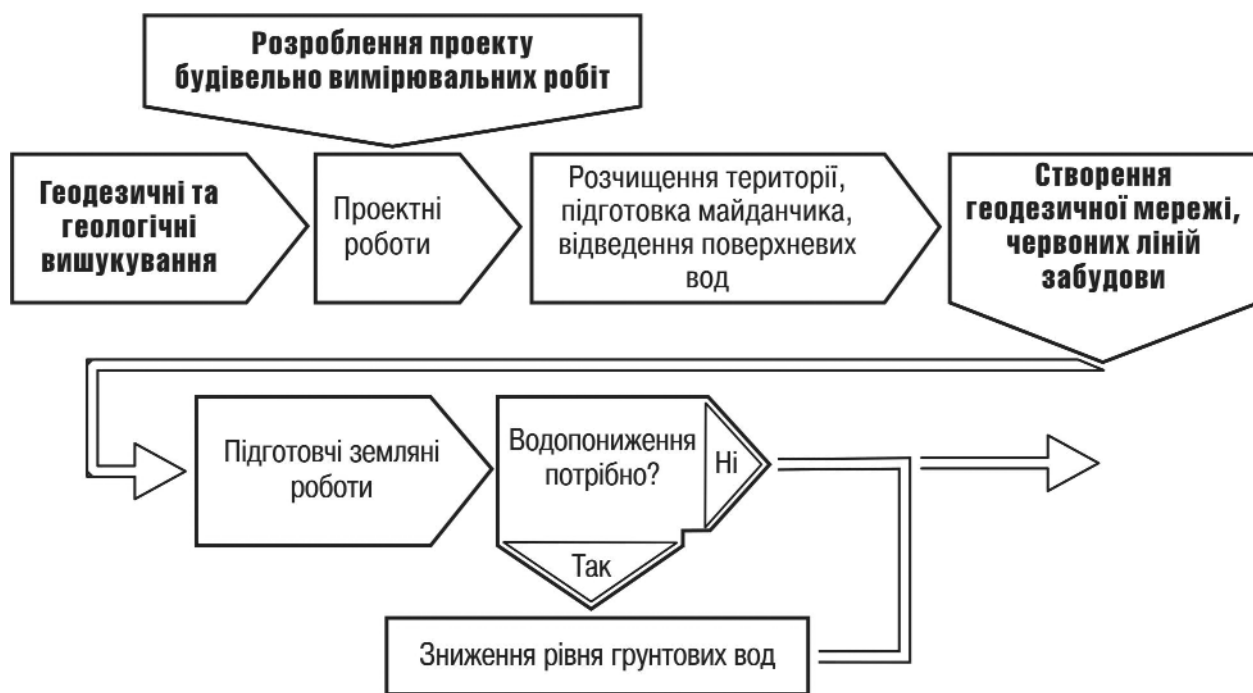


Рис. 2. Будівельно-вимірювальні роботи в періоді передпроектних робіт, проектування та підготовчого періоду



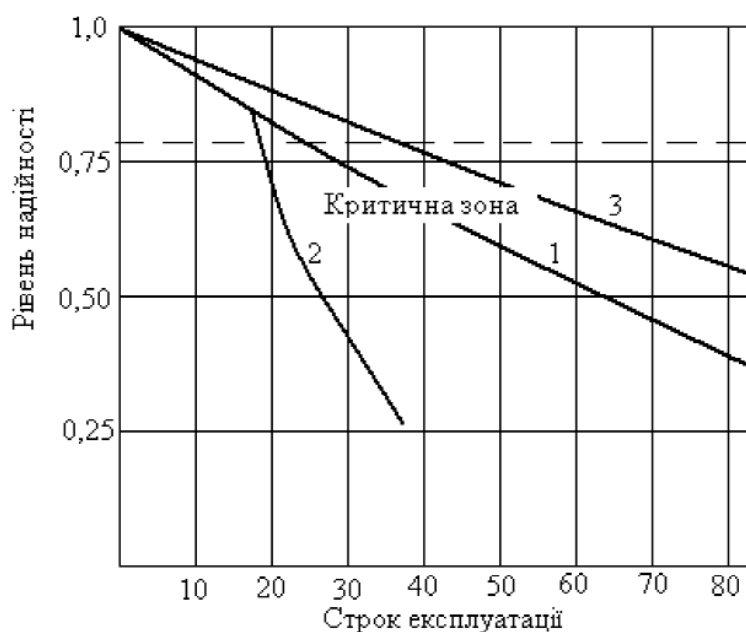
Рис. 3. Будівельно-вимірювальні роботи в період нульового циклу будівництва



Рис. 4. Будівельно-вимірвальні роботи в період зведення об'єкта будівництва



Рис. 5. Будівельно-вимірвальні роботи в період експлуатації об'єкта будівництва



**Рис. 6.** Зміна рівня експлуатаційної надійності об'єктів будівництва  
 1 — низька якість будівництва; 2 — інтенсивне зниження експлуатаційної надійності при впливі негативних чинників; 3 — висока якість будівництва

На рис. 7 відображено залежність строку життя будівлі від якості проектування, вишукувальних робіт та будівництва у випадку природного зношення конструкцій і за умови своєчасного проведення планових та капітальних ремонтів.

На рис. 8 відображена можливість збільшення строку життя будівлі за умови своєчасного виявлення аварійних ситуацій та вжиття заходів з їх усунення. Штриховою лінією зображена залежність зношення будівлі при раптовій аварії у випадку невжиття запобіжних заходів з усунення її причин. Жирною лінією зображена залежність зношення будівлі при своєчасному ремонті та усуненні причин можливих пошкоджень за умови своєчасного проведення та врахування результатів моніторингу.

На рис. 9 представлено структуру необхідних досліджень і засоби їх виконання на етапах передпроектного та підготовчого періодів будівництва, а на рис. 10 — в період нульового циклу.

На передпроектному етапі виконують геодезичні зйомки та складання топографічного плану, а також геологічні дослідження характеру залягання ґрунтів і їх фізико-механічних характеристик, вимірюють тиск ґрунтових вод, зусилля на опор-

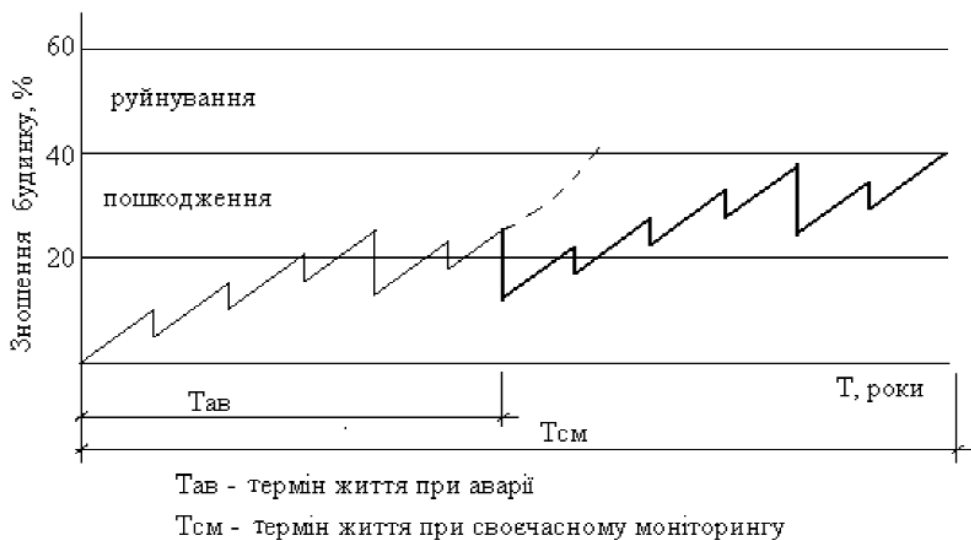
них конструкціях (підпирних стінах), загальне і диференціальне (локальне) осідання фундаменту, проводять випробування ґрунту палями, статичним та динамічним зондуванням тощо. В підготовчий період та період нульового циклу виконують винос та закріплення геодезичних мереж та геодезичні розмічувальні роботи.

На рис.11 представлено структуру будівельно-вимірювальних робіт для запобігання і виявлення недоліків на етапах будівництва та експлуатації об'єктів. Дефекти та пошкодження в будівництві виникають внаслідок неякісних проектних рішень, відхилень від проекту, нормативних документів, технології виконання робіт, використання неякісних матеріалів і конструкцій тощо. Недоліки в проектуванні виникають як наслідок неповноти інженерних вишукувань, неточності вихідних даних, помилок в розрахунках, прийнятті необґрунтованих проектних рішень. Ці фактори можуть призвести до аварій. Для запобігання аваріям необхідна рання діагностика технічного стану особливо відповідальних вузлів і конструкцій, виявлення місць зміни напружено-деформаційного стану. Для цього необхідно проводити геодезичний моніторинг за деформаціями фундаментів, креном будівлі і прогинами фундаментних плит, перекриттів і покриттів, а також інструментальний моніторинг стану відповідальних конструкцій, в тому числі в автоматичному режимі. Згідно з [2, 3] усі будівлі (споруди) незалежно від їх призначення, форми власності, віку, капітальності, технічних особливостей підлягають періодичним обстеженням з метою оцінки їх технічного стану та паспортизації, а також вжиття обґрунтованих заходів щодо забезпечення надійності та безпеки при подальшій експлуатації (консервації).

В процесі будівництва та моніторингу технічного стану об'єктів вимірюються навантаження на елементи жорсткості будівлі, зусилля і деформації у бетоні і арматурі фундаментів, поверхневі і глибинні зміщення ґрунту, зміщення несучих елементів, ротаційні рухи стінок конструкцій при нерівномірному осіданні або порушенні схеми роботи конструкцій, локальні зміщення між незалежними елементами конструкцій [4]. Контроль якості бу-



**Рис. 7.** Залежність терміну життя будівлі від якості проектування, вишукувань та будівництва



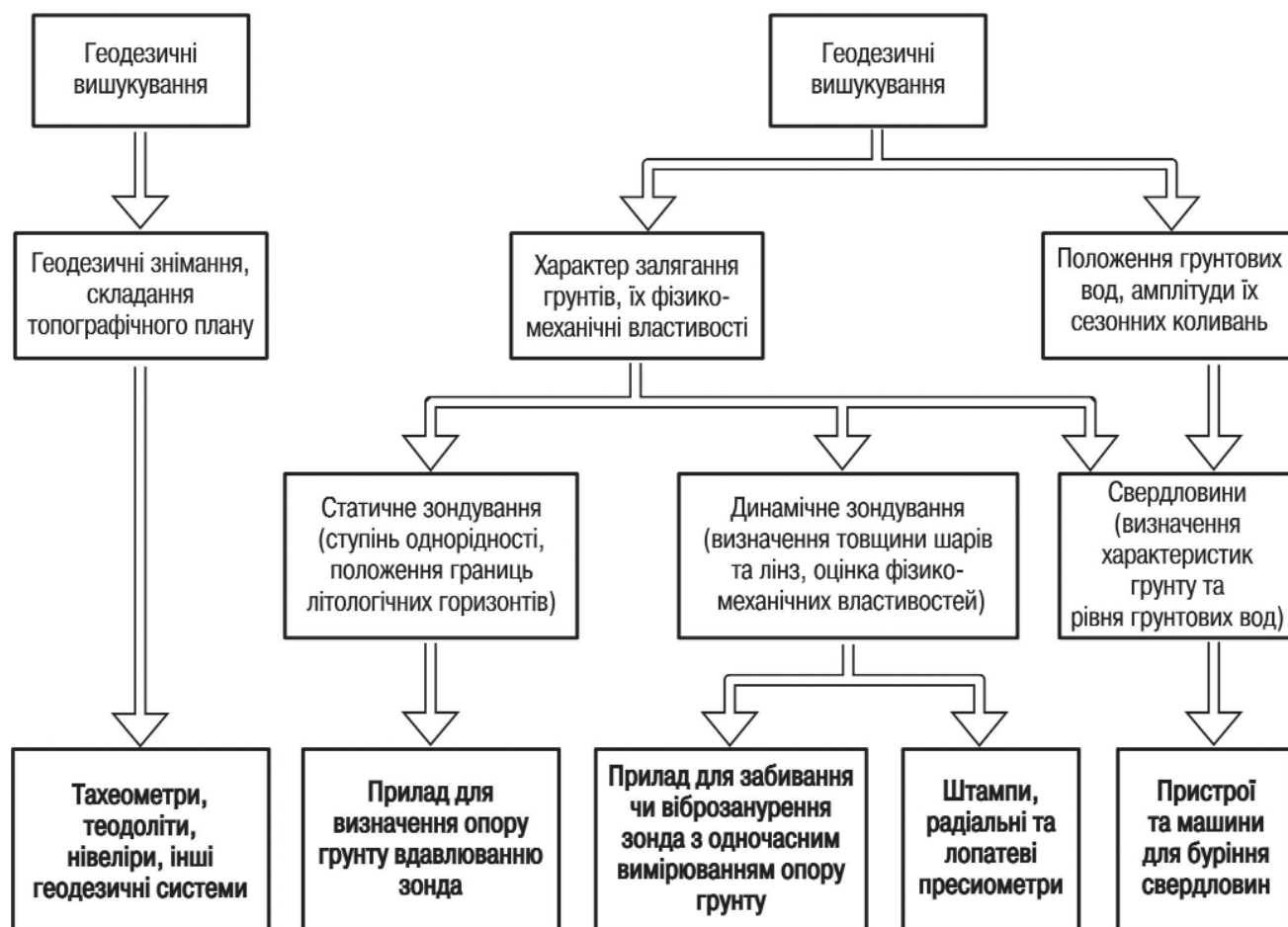
**Рис. 8.** Залежність зношення будівлі від ремонтів та своєчасного виявлення можливості аварії

будівельних матеріалів та конструкцій забезпечується визначенням їх якісних та кількісних характеристик, наприклад, міцності бетону механічними методами неруйнівного контролю, ультразвуковим методом, визначенням товщини захисного шару бетону і розташування арматури магнітним методом тощо.

На етапі будівництва будівельно-вимірювальні роботи проводять як паралельно з будівельними роботами, так і послідовно з ними. Часто проведення будівельних робіт неможливе до закінчення виконання вимірювань, а в деяких випадках не-

обхідне припинення виконання динамічних технологічних процесів та експлуатації машин на будівельному майданчику. Деякі відповідальні будівельно-вимірювальні роботи виконуються в той час, коли рівень освітлення, вологість, температура, час доби та інші природні і техногенні фактори найменше впливають на точність та тривалість вимірювань. Тому тривалість будівництва залежить від тривалості будівельно-вимірювальних робіт.

Забезпечення якості будівельних робіт досягається контролем якості виконання кожного техно-



*Рис. 9. Основні види досліджень на етапах передпроектного та підготовчого періодів будівництва та засоби їх виконання*

логічного процесу. Контроль якості при будівництві здійснюють візуально, вимірюванням кількісних та якісних показників руйнівними і неруйнівними методами, натурними та лабораторними випробуваннями тощо. Основне завдання контролю якості полягає в попередженні дефектів на етапі будівництва та пошкоджень на етапі експлуатації, тому перевагу слід віддавати не пасивному, а активному контролю, який полягає не лише у визначенні відповідності показників продукції нормативним вимогам, але і у внесенні змін до технологічних процесів виробництва на всіх стадіях будівництва, тобто управлінню процесом забезпечення якості.

Для забезпечення експлуатаційної придатності об'єкта будівництва мають бути запропоновані матеріали і конструкції, що передбачають його функціонування з урахуванням зниження їх міцності і погіршення технічних характеристик за

рахунок зношення, впливу навколишнього середовища, зовнішніх і внутрішніх навантажень в умовах реально існуючої системи технічного обслуговування і ремонту (рис. 12). Проте ці запаси міцності повинні бути економічно виправдані, адже чим вищі вимоги до надійності, тим більша вартість будівництва.

Одним з найважливіших чинників впливу на експлуатаційну надійність та довговічність об'єктів будівництва в процесі експлуатації за умови дії факторів, що викликають пошкодження, є моніторинг їх технічного стану. Проект моніторингу входить до складу проекту та включає розділи щодо моніторингу підземної частини будівлі, надземної частини та прилеглої території і забудови. Склад системи моніторингу підземної частини об'єкта будівництва залежить від типології ґрунту під фундаментом, наявності ґрунтових вод і впливу природних або техногенних потоків фільтрації, а

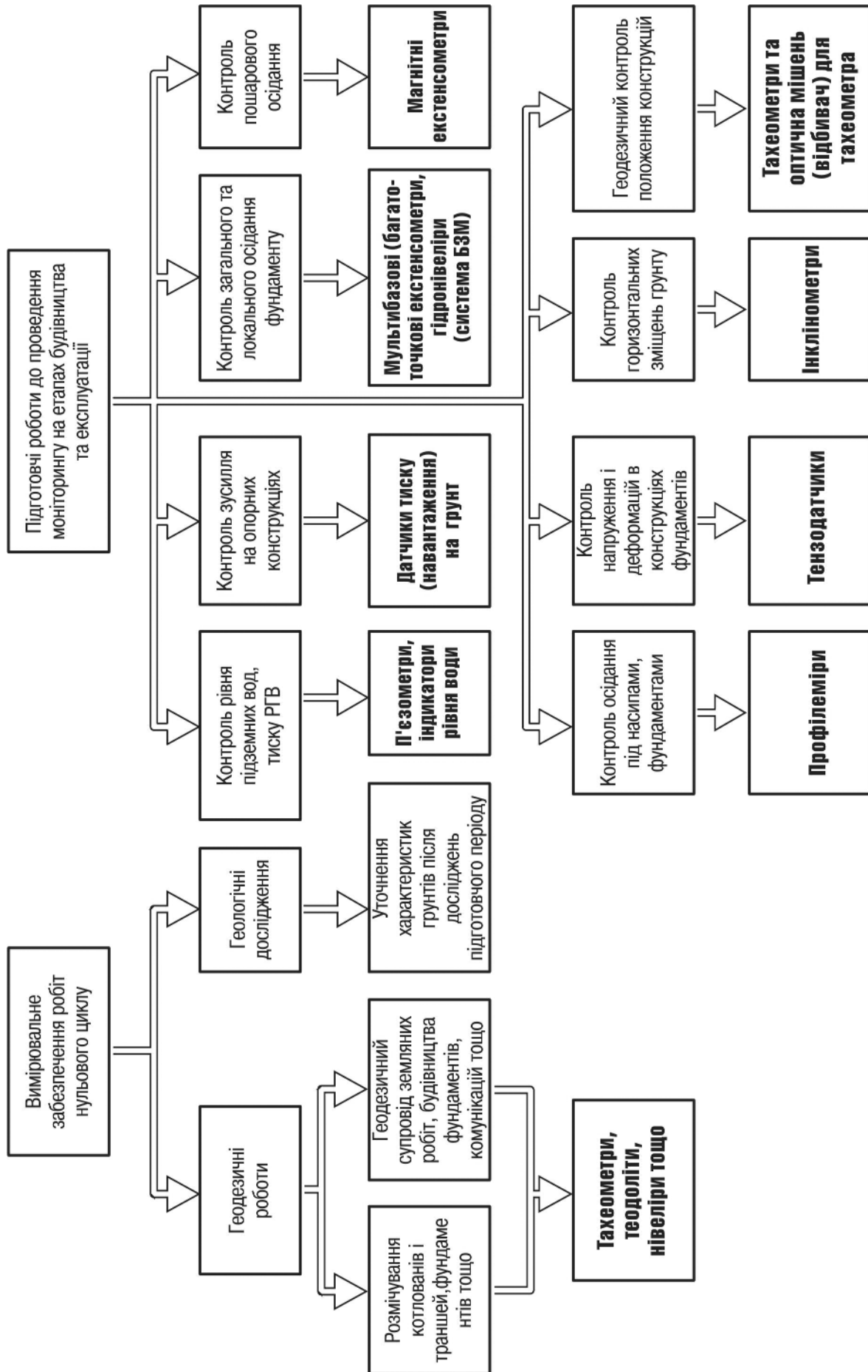


Рис. 10. Будівельно-вимірювальні роботи на етапі нульового циклу будівництва та засоби їх виконання



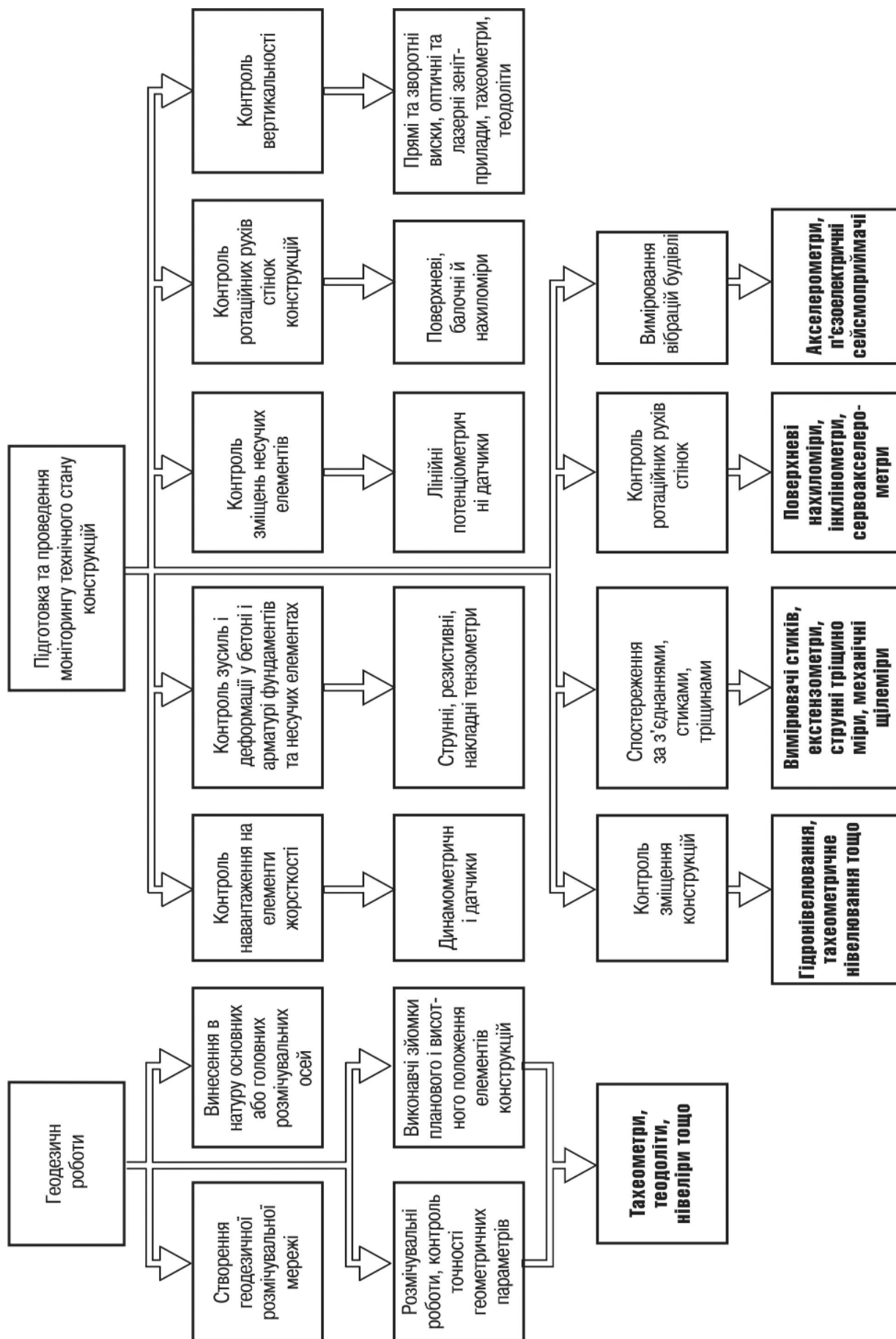


Рис. 11. Будівельно-вимірвальні роботи в період будівництва та підготовки до моніторингу в період експлуатації

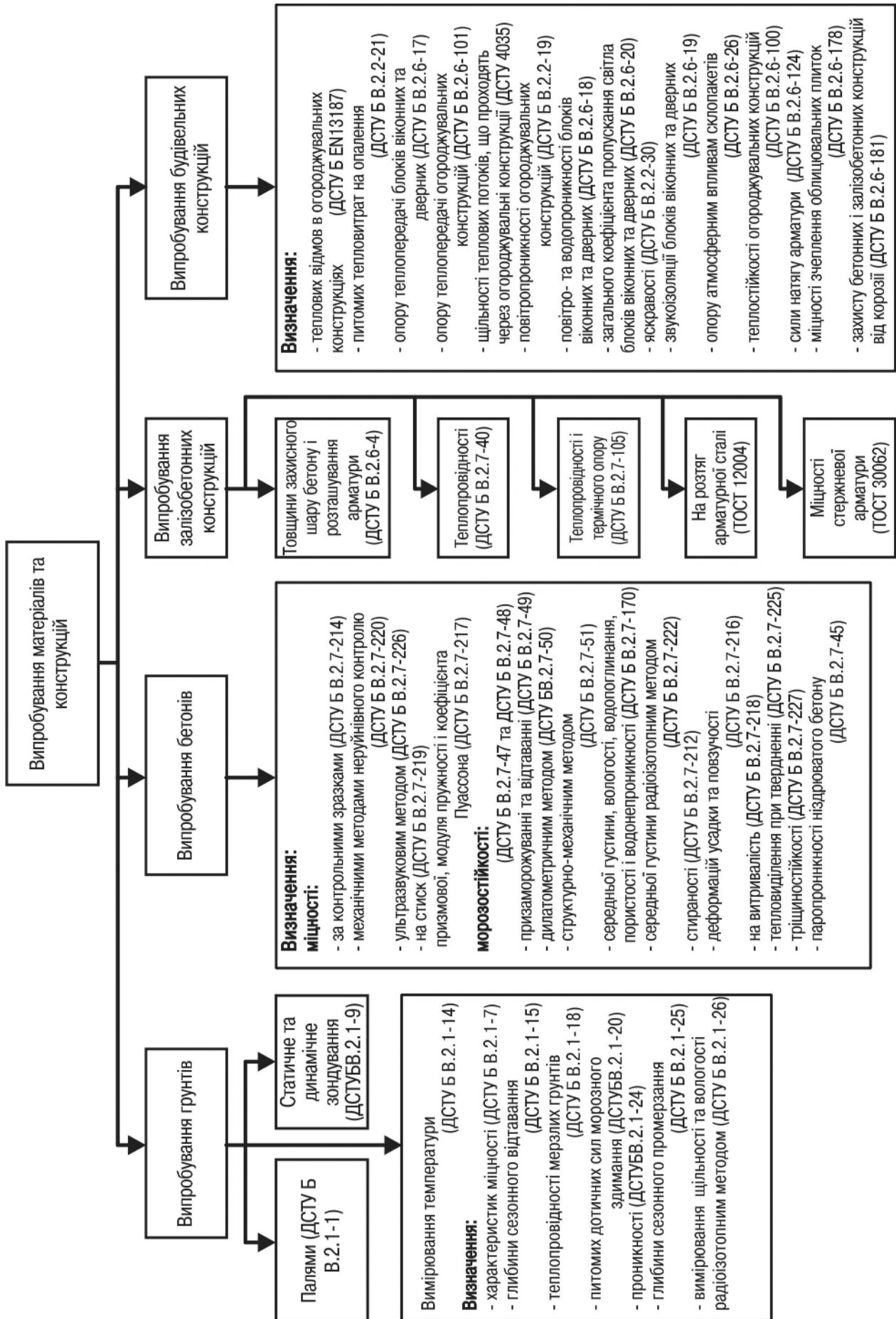


Рис. 12. Випробування матеріалів та конструкцій на всіх етапах життєвого циклу

також від технології виконання земляних робіт, зведення опорних конструкцій і фундаменту. Об'єктами такого моніторингу є основи фундаментів, ґрунти, розташовані в зоні будівництва (експлуатації) об'єкта, а також конструкції кріплення стінок котловану.

Метою моніторингу підземної частини об'єктів будівництва є отримання інформації щодо надійності основ, стабільності властивостей ґрунтів і рівня підземних вод в основі будівельного об'єкта та будівель, що розташовані в зоні впливу нового будівництва; отримання інформації щодо надійності конструкцій кріплення стінок котловану, експлуатаційної придатності існуючих підземних споруд, комунікацій та інших об'єктів інженерної інфраструктури, розташованих в зоні впливу та під плямою забудови.

У процесі будівництва проводять монтаж системи та підготовку до моніторингу в процесі експлуатації. Важливе значення має визначення параметрів і пристроїв для моніторингу та включення системи в план робіт на стадії конструкційного проектування. До особливо відповідальних елементів, що підлягають моніторингу в процесі експлуатації, слід віднести: елементи, руйнування або неприпустимі технічні параметри яких можуть призвести до зниження безпеки будівлі і людей, прогресуючого руйнування елементів або об'єкта в цілому, конструкції, що забезпечують просторову жорсткість, опорні конструкції та ті, що перекривають головні прольоти, а також інженерні системи життєзабезпечення та безпеки навколишнього середовища

Забезпечення ефективності будівельного процесу та експлуатації — це знаходження найкращих з усіх можливих поєднань техніко-економічних показників і варіантів технології на всіх етапах життєвого циклу будівель і споруд. Оптимізація тривалості життєвого циклу об'єктів будівництва є похідною доцільних меж реконструкції, модернізації і ремонту. Економічна доцільність реконструкції будівель може бути встановлена шляхом порівняння витрат на реконструкцію з витратами на будівництво нової будівлі такої ж площі з урахуванням строків подальшої експлуатації. Одним з найважливіших чинників впливу на надійність і довговічність об'єктів будівництва в умовах дії факторів, що викликають пошкодження, є моніторинг їх технічного стану в процесі експлуатації, тому в процесі експлуатації проводять моніторинг

деформацій окремих конструкцій, вузлів та загальних деформацій будівлі.

Виконаний аналіз показує, що на кожному етапі життєвого циклу об'єкта будівництва вимірювання займають значне місце. Якість робіт значною мірою залежить від повноти виконання заданих в проекті та нормативних документах вимог до вимірювань. На етапі проектування — це топогеодезична зйомка, визначення властивостей ґрунту та рівня підземних вод; на етапах підготовки до виконання робіт та будівництва — визначення властивостей матеріалів та конструкцій, геодезичне забезпечення будівництва, підготовчі роботи для проведення моніторингу в процесі експлуатації; на етапі експлуатації — моніторинг технічного стану будівлі.

Таким чином, будівельно-вимірювальні роботи є відповідальною складовою технологічного процесу будівництва та експлуатації і від їх якості значною мірою залежить якість виконання всіх будівельно-монтажних робіт та тривалість життя об'єкта будівництва. Якісне виконання будівельно-вимірювальних робіт, своєчасне визначення загрози руйнувань та аварій потребує застосування сучасного вимірювального обладнання, вартість якого може сягати значних величин. У процесі визначення ефективності будівельно-вимірювальних робіт та методів моніторингу протягом життєвого циклу об'єкта будівництва потрібно брати до уваги не тільки точність вимірювань, їх своєчасність і можливість визначення вірогідності аварій, але й економічні показники технології вимірювань.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гавриляк А.І. та ін. *Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель*. — Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2006. — 537 с.
2. *Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.97 №409 "Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж"*.
3. *НПАОП 45.2-1.01-98 "Правила обстежень, оцінки технічного стану та паспортизації виробничих будівель і споруд"*.
4. Григоровський П.Є., Косолап Л.А., Чуканова Н.П. *Вплив моніторингу технічного стану на життєвий цикл будівель // К.: НДІБВ, 2012. №1 — 2 (23 — 24). — с. 18 — 26.*

## АННОТАЦІЯ

В статье показано влияние измерений и мониторинга на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений на длительность их эксплуатации. Определены основные методы мониторинга технического состояния зданий и их конструкций. Показано влияние качества измерений и своевременного мониторинга на продолжительность жизни зданий.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, геотехнический мониторинг, динамические характеристики, методы и технические средства, несущие конструкции, наблюдения за техническим состоянием, характеристики материалов и конструкций.

## ANNOTATION

In the article shows the influence of measurement and monitoring at all stages of the life cycle of buildings and structures on the duration of their operation. The basic methods for monitoring the technical condition of buildings and structures. Shows the effect of measurement quality and timely monitoring lifespan of buildings.

Keywords: geodetic monitoring, geotechnical monitoring, dynamic characteristics, methods and technical means, supporting structures, monitoring the technical condition, the characteristics of materials and structures.

## УДК 624.131.2

*П.Є. Григоровський, к.т.н., Н. П. Чуканова, ДП НДІБВ, м. Київ*

### ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІЙ КОРИСНОСТІ

## АНОТАЦІЯ

У статті зроблена спроба вибору системи моніторингу технічного стану фундаменту будівлі з врахуванням точності вимірювання, вартості процесу вимірювання та терміну одержання результату вимірювання (своєчасності одержання результату). Для аналізу раціональності вибору системи моніторингу використовуються функції корисності для точності виконання вимірювань, вартості виконання робіт з моніторингу та своєчасності отримання результатів моніторингу. У статті зроблено висновок, що функції корисності дозволяють більш раціонально вибирати системи моніторингу ніж це дозволяють методи експертної оцінки.

Ключові слова: дефекти фундаменту, критерії методів моніторингу, метод моніторингу, міра корисності альтернативи, функція корисності.

Довготривала експлуатація будівель та споруд в значній мірі залежить від якості проектування, будівництва та їх експлуатаційної придатності і забезпечується за рахунок сповільнення фізичного зношення шляхом реалізації ремонтів, які розробляються за результатами технічних оглядів та визначенні загрози пошкоджень у процесі моніторингу їх технічного стану.

Раціональний метод моніторингу дозволяє своєчасно і точно визначити дефекти технічного стану конструкцій, які піддаються зовнішнім впливам, фізичному та моральному зношенню та передбачити можливість такого розвитку подій. В [1] наведена методика вибору методу моніторингу технічного стану будівель та споруд на основі експертного висновку спеціалістів, які професійно займаються проблемами дослідження технічного стану будівель та споруд. Методика вибору ґрунтується на досвіді спеціалістів, а, значить, є досить суб'єктивною.