

УДК 624.131.2

*Григоровський П.Є., к. т. н., с.н.с.,  
перший заступник директора  
ДП «НДІБВ», м. Київ*

**МЕТОДОЛОГІЯ ОБҐРУНТУВАННЯ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЗАСОБІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО  
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БУДІВЕЛЬ,  
СПОРУД І ТЕРИТОРІЇ ЗАБУДОВИ НА  
ВСІХ ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ**

*У статті наведено методологію обґрунтування ефективності технологій та засобів інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на всіх етапах життєвого циклу, яка передбачає: встановлення загальних принципів формування системи діагностики технічного стану будівель; обґрунтування ефективності технологій та засобів інструментальних вимірювань; встановлення взаємовпливу організаційно-технологічних і організаційно-технічних показників вимірювань; визначення тривалості, періодичності та необхідних обсягів інструментальних обстежень; визначення ефективності вимірювальних систем з використанням моделей і методів забезпечення якості будівництва та діагностики технічного стану будівлі на всіх етапах життєвого циклу з використанням інтелектуальних інформаційних систем.*

*Ключові слова: інструментальні вимірювання, технологія та організація вимірювань, життєвий цикл будівель, будівництво, експлуатація, загрози пошкоджень, уразливість будинків, підтоплення.*

**Вступ.** Забезпечення довготривалої експлуатації об'єкта будівництва є актуальна техніко-економічна проблема що потребує ефективних рішень на всіх етапах життєвого циклу, таких як: вишукувальні та проектні роботи,

підготовчий період, нульовий цикл, зведення наземної частини, експлуатація, періоди фізичного зносу та закінчення життєвого циклу або початок нового, за умови відновлення експлуатаційних властивостей об'єкта.

Дефекти та пошкодження будівельних об'єктів є наслідком негативних факторів, що існують на всіх етапах життєвого циклу, у зв'язку з чим виникає завдання забезпечення їх експлуатаційної придатності шляхом отримання інформації щодо технічного стану, діагностування та прийняття рішень з відновлення. Оцінка технічного стану будівель є одна з найбільш складних задач на ринку інтелектуальних систем оцінки і прийняття рішень, складність якої полягає у великій кількості чинників, що впливають на оцінку, які досить складно формалізувати.

**Сутність наукової проблеми** полягає в необхідності теоретичного обґрунтування системи концептуальних і теоретико-методологічних основ подовження терміну експлуатації, а також оптимізації організаційно-технологічних і техніко-економічних показників будівництва та експлуатації будівель, споруд і території забудови за рахунок застосування ефективних методів вимірювань для своєчасного одержання та використання достовірної інформації, необхідної та достатньої для забезпечення експлуатаційної придатності будівель і споруд на всіх етапах їх життєвого циклу.

**Останні дослідження.** Стан наукової проблеми в області технології і організації визначення параметрів будівель, споруд і території забудови в Україні, в цілому, відповідає світовому науково-технічному рівню. На цей час достатньо повно досліджено технічні, технологічні, організаційні, економічні аспекти в області будівництва та експлуатації будівель і споруд; відпрацьовані теоретичні та практичні засади системного раціонального використання методів вимірювання при контролі якості, сформульовані комплексні методологічні рішення щодо точності вимірювальних

робіт, на законодавчому рівні закріплені принципи метрологічної діяльності, мають широке охоплення дослідження в області вишуквальних робіт.

У той же час, теоретичні та прикладні дослідження в області технології інструментального визначення параметрів будівель, споруд та території забудови з врахуванням взаємозв'язку та взаємовпливу вимірювальних робіт з будівельними роботами та роботами з експлуатації будівель і споруд характеризуються своєю незавершеністю, оптимізація організаційно-технологічних рішень в цьому напрямку виконана недостатньо. Це стосується питань: досліджень в області визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на етапах проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд як цілісної системи; розробки та обґрунтування наукових класифікацій систем вимірювання параметрів об'єктів для різних умов їх будівництва та експлуатації; розкриття природничо-наукової сутності, характеру і ступеня впливу специфічних факторів експлуатації на режими і параметри життєвого циклу; розробки процесів прогнозування технологічних параметрів з використанням об'єктивної інформації отриманої інструментальними методами на всіх етапах життєвого циклу; моделювання та оптимізації моделей технологічних систем, здатних забезпечувати стійке і ефективне виконання робіт з будівництва та експлуатації будівель і споруд в складних, динамічних умовах. Потребують подальшого розвитку теоретико-методологічні дослідження оптимізації організаційно-технологічних, організаційно-технічних та техніко-економічних показників будівництва і експлуатації будівель, споруд і території забудови за рахунок застосування ефективних методів вимірювань для своєчасного одержання та використання достовірної інформації, достатньої для забезпечення експлуатаційної придатності будівель і

споруд на всіх етапах їх життєвого циклу.

За результатами вивчення наукових джерел зроблені висновки щодо відсутності або **необхідності поглиблення розв'язання таких проблемних завдань:**

- встановлення загальних принципів формування системи діагностики технічного стану будівель на всіх етапах їх життєвого циклу;

- відсутність методології обґрунтування ефективності технологій та засобів інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на всіх етапах життєвого циклу;

- адаптація методів визначення організаційно-технологічних показників для розрахунку ефективності систем вимірювання та технології їх застосування;

- визначення впливу організаційно-технічних показників на ефективність систем вимірювання та технологію їх застосування;

- визначення тривалості та періодичності інструментальних обстежень у складі витрат на експлуатацію вимірювальних систем

- встановлення необхідних обсягів інструментальних спостережень при експлуатації будівель і споруд

- обґрунтування витрат часу на виконання вимірювальних робіт на всіх етапах життєвого циклу будівельних об'єктів;

- відсутність єдиної методології для створення автоматизованої системи діагностики технічного стану будівель;

- відсутність інтегрованих моделей та методів моделювання процесів діагностики, які б дозволили забезпечити ефективне функціонування інформаційних технологій діагностики технічного стану будівель та високу точність прийняття експертних рішень щодо їх стану і прогнозування основних технічних характеристик їх функціонування в умовах впливу зовнішнього та внутрішнього середовищ;

- відсутність єдиної інформаційної бази даних, що дала б можливість

порівнювати результати обстежень, спостерігати динаміку старіння будівель, систематизувати висновки про їх стан.

Встановлено, що методи обґрунтування ефективності в будівництві достатньо вивчені [7], але вони призначені для визначення ефективності механізації. Питання обґрунтування ефективності технологій та засобів інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на всіх етапах життєвого циклу вивчено недостатньо. Це об'єктивно призводить до недооцінки ролі вимірювальних робіт у складі технологічних процесів і, як наслідок, зниження експлуатаційної придатності будівельних об'єктів.

**Виклад основного матеріалу.** У статті наведені деякі результати досліджень щодо обґрунтування ефективності вимірювальних робіт при будівництві і експлуатації будівель і споруд. У відповідності до структурно-логічної схеми (дивись рис. 1) виконано наступні дослідження [3,6]:

- проаналізовано життєвий цикл будівель та методи його подовження; розглянуті основні загрози пошкодження будівель, споруд і території забудови; процеси вимірювань, як джерело отримання даних для діагностики їх технічного стану;

- розглянуті методи обстежень і діагностики технічного стану будівельних об'єктів, визначені загальні принципи забезпечення експлуатаційної придатності та безпеки будівельного об'єкта, проведено аналіз сучасних інформаційних технологій автоматизованої діагностики технічного стану будівель;

- розроблено методики обґрунтування ефективності технологій та засобів інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови, визначення організаційно-технологічних показників для розрахунку ефективності систем вимірювання та технології їх застосування, встановлено наявність впливу організаційно-технічних показників на ефективність систем вимірювання та

технологію їх застосування;

- за розробленими методиками визначено тривалість та періодичність інструментальних обстежень у складі витрат на експлуатацію вимірювальних систем та встановлено необхідні обсяги інструментальних спостережень при експлуатації будівель і споруд з врахуванням критерію уразливості;

- визначено особливості обґрунтування витрат часу на виконання вимірювальних робіт на всіх етапах життєвого циклу будівельних об'єктів;

- розроблено методологію визначення ефективності вимірювальних систем з використанням моделей і методів встановлення якості будівництва та діагностики технічного стану будівлі на всіх етапах життєвого циклу за допомогою інтелектуальних інформаційних систем.

У результаті встановлення **загальних принципів формування системи діагностики технічного стану будівель на всіх етапах їх життєвого циклу** проаналізовано життєвий цикл будівлі, як час від моменту обґрунтування необхідності її зведення до настання економічної недоцільності її подальшої експлуатації. Предметом дослідження є сама будівля з дефектами та пошкодженнями, що утворюються на всіх етапах її життєвого циклу, а також методи, моделі і заходи спрямовані на подовження життєвого циклу. Встановлено, що термін життя будівлі з врахуванням факторів її зношення залежить від якості вишукувальних робіт, проектування, будівництва, ефективності проведення робіт з діагностики та ремонтно-відновлювальних заходів.

На тривалість життєвого циклу будівлі впливають фактори загального характеру, технологічні та експлуатаційні фактори. Важливим фактором подовження життєвого циклу будівлі є ефективне виконання робіт з комплексної діагностики її технічного стану, тобто своєчасне та повне виявлення основних пошкоджень та дефектів будівлі, за результатами якого і приймається рішення про доцільність їх усунення.

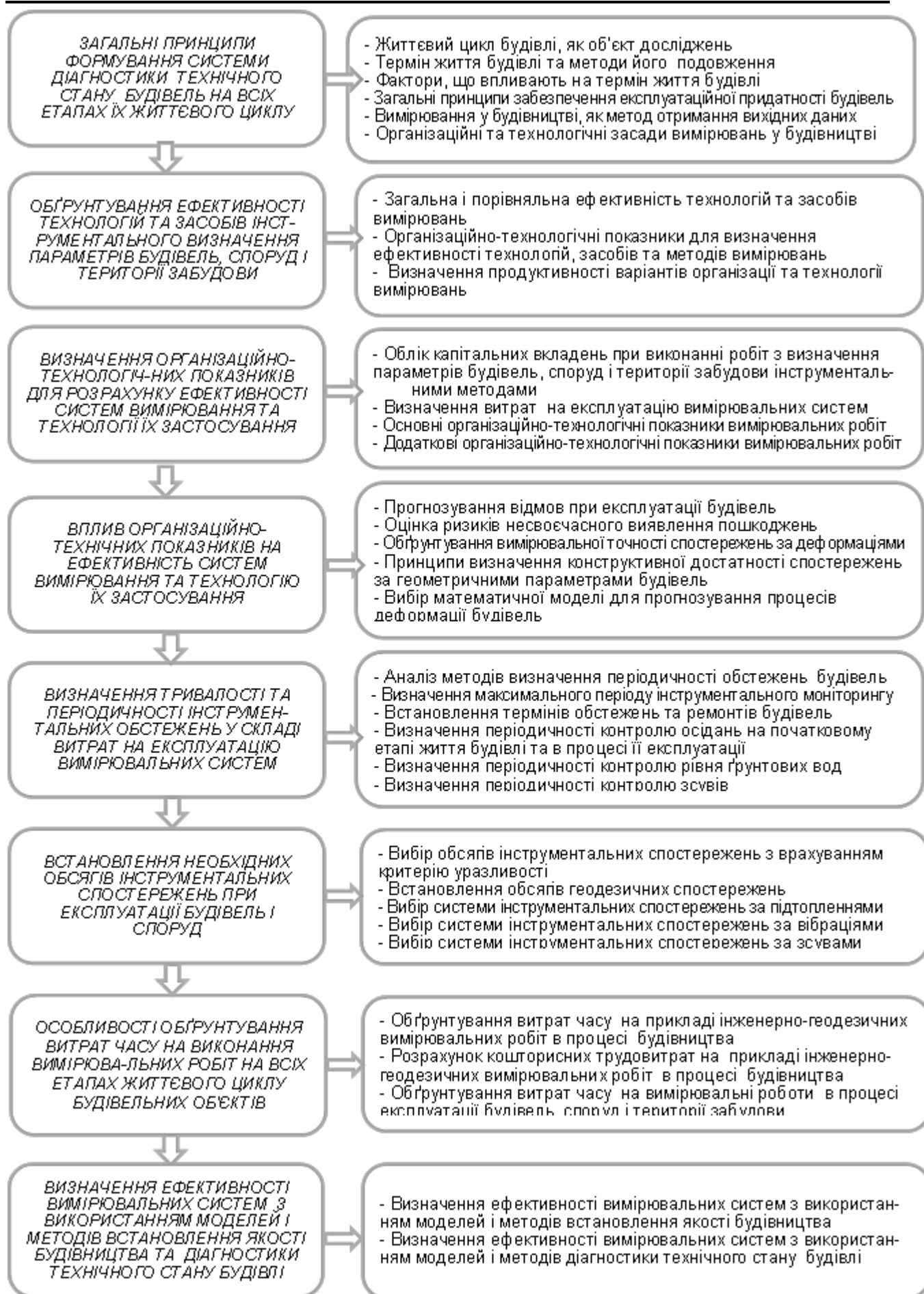


Рис.1 . Структурно-логічна схема досліджень

Нами проаналізовано основні загрози пошкоджень, дефектів та аварій [1,2,4,5]. Зазначено, що найбільші загрози викликаються раптовими проявами техногенних аварій, дія яких може не мати зовнішніх проявів.

Важливою складовою процесу отримання достовірної інформації про технічний стан будівлі є методи вимірювань при будівництві та моніторингу в процесі експлуатації.

Визначено загальні принципи забезпечення експлуатаційної придатності будівель, що забезпечуються заходами обстежень, моніторингу за ними протягом періоду експлуатації, прогнозування можливих пошкоджень та своєчасне усунення виявлених пошкоджень з врахуванням техніко-економічних чинників.

Розроблено основні вимоги до організації і технології робіт з визначення параметрів будівель, споруд і території забудови, що відносяться до законодавчо регульованої метрології.

Виконано короткий аналіз інтегрованих моделей і методів сучасних інформаційних технологій, таких як: експертні системи, нечіткі системи, нечіткі нейронні мережі або гібридні мережі, генетичні алгоритми, інформаційно-довідкова система, машинне навчання, інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Використання таких моделей і методів є нагальним питанням та передумовою розробки автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва.

При розробці методики **обґрунтування ефективності технологій та засобів інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови** становлено, що існуючі методи обґрунтування ефективності в будівництві, як правило, призначені для визначення ефективності механізації. Вони обмежено застосовуються в області інженерних вишукувань.

Питання обґрунтування ефективності технологій та засобів інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на всіх етапах

життєвого циклу вивчено недостатньо. Це об'єктивно призводить до недооцінки ролі вимірювальних робіт у складі технологічних процесів і, як наслідок, зниження якості робіт та експлуатаційної придатності будівельних об'єктів.

Розроблено методику обґрунтування ефективності технологій та засобів інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови, що базується на відомих методах обґрунтування ефективності в будівництві. Проаналізовано методи розрахунку загальної і порівняльної ефективності та організаційно-технологічних показників для визначення ефективності технологій, засобів та методів вимірювань.

Встановлено особливості визначення продуктивності для різних варіантів організації та технології робіт з використанням засобів та методів вимірювань, а також погодинних режимів робіт з інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови.

Проведено класифікацію видів і норм продуктивності робіт з визначення параметрів будівель, споруд і території забудови інструментальними методами.

Розроблено **методику визначення організаційно-технологічних показників для розрахунку ефективності систем вимірювання та технології їх застосування**. Встановлено, що витрати пов'язані з проведенням заходів щодо застосування технологій, засобів та методів вимірювання, включають витрати на придбання приладів, комплектів приладів та вимірювальних систем, вимірювального обладнання та оснастки, на їх виготовлення й модернізацію, на розробку та проектування методів вимірювання, створення й розширення виробничої бази технічної експлуатації, повірочних, ремонтних, вимірювальних лабораторій та метрологічних служб, на накопичення необхідних обігових коштів, тощо.

Проаналізовано склад трудовитрат та собівартості експлуатації вимірювальних

систем. Витрати на експлуатацію вимірювальних систем розподіляють на три групи за рівнем їх впливу на організаційно-технологічні показники: одноразові, річні та поточні експлуатаційні. Встановлено, що організаційно-технологічні показники, які розраховують для визначення ефективності технологій, засобів та методів вимірювання розподіляють за важливістю на основні й додаткові.

Основні показники носять загальний характер і найбільшою мірою при спільному обліку характеризують критерій ефективності. Основними організаційно-технологічними показниками вимірювальних робіт є розрахункова та фактична трудомісткість (собівартість) вимірювальних робіт, яка встановлюється за наявними даними про витрати праці та тривалість їх виконання.

Додаткові показники носять уточнюючий характер. Вони додатково характеризують критерій ефективності у тих випадках, коли потрібно врахувати вплив специфічних чинників, властивих відповідним етапам життєвого циклу, оскільки значною мірою впливають на продуктивність робіт з визначення параметрів будівель, споруд і території забудови інструментальними методами. Додаткові показники (фактори або чинники впливу) є важливими вихідними даними для розрахунку основних організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт. Без їх врахування, аналізу та обчислення неможливо встановити основні організаційно-технологічні показники вимірювальних робіт, а саме розрахункову та фактичну трудомісткість, яка встановлюється за наявними даними про витрати праці та тривалість їх виконання. Тому, без наукового обґрунтування, аналізу та розробки методик визначення значень технічних, технологічних, організаційних, природних, техногенних та інших факторів впливу на трудомісткість вимірювальних робіт неможливо виконати порівняння варіантів за критерієм їх ефективності.

Розглянуто **вплив організаційно-тех-**

**нічних показників етапу експлуатації будівель, споруд і території забудови на організаційно-технологічні показники вимірювальних робіт, ефективність систем вимірювання і технологію їх застосування.** Наведено основні принципи попередження відмов, в основі яких лежить прогнозування зміни параметрів технічного стану будівель, споруд і території забудови, визначених за результатами вимірювальних робіт. Встановлено, що запобігання відмовам є головним завданням експлуатації, будівельних об'єктів. Втрата експлуатаційної придатності об'єктів відповідального призначення пов'язана з великими матеріальними втратами та можливими катастрофічними наслідками.

Проаналізовано можливість оцінки економічних ризиків при раптових проявах техногенних загроз (підтопленні, осіданні). Розглянуті принципи обґрунтування точності інструментального контролю за геометричними параметрами будівель та конструктивної достатності спостережень за ними. Проведено аналіз методів визначення періодичності обстежень технічного стану будівель. Встановлено принципи побудови математичних моделей прогнозування процесів деформації будівлі.

Методика **визначення тривалості та періодичності інструментальних обстежень у складі витрат на експлуатацію вимірювальних систем** базується на аналізі методів встановлення періодичності проведення обстежень будівель та максимального періоду інструментального моніторингу, визначені термінів обстежень та ремонтів будівель, встановленні періодичності контролю осідань початкового етапу життя будівлі та в процесі її експлуатації, визначенні періодичності контролю рівня ґрунтових вод та періодичності контролю за станом зсувів.

Розроблено методику **встановлення необхідних обсягів інструментальних спостережень при експлуатації будівель і споруд з врахуванням критерію уразливості.** Для оцінки ризику пошкодження

окрім виявлення можливих причин цього процесу запропоновано виконувати оцінку уразливості будівель, споруд та території забудови. Уразливістю запропоновано вважати інтегральну властивість будівлі втрачати експлуатаційну придатність в результаті виникнення пошкодження під впливом певного типу негативних факторів. Ступінь уразливості будівлі залежить від характеристик самої будівлі, характеристик та стану ґрунтової основи.

Методика базується на аналізі методів та виборі обсягів інструментальних спостережень при експлуатації будівель і споруд, встановленні обсягів геодезичних спостережень, виборі системи інструментальних спостережень за підтопленням, системи інструментальних спостережень за вібраціями, системи інструментальних спостережень за зсувами при експлуатації будівель і споруд з врахуванням критерію уразливості.

Розроблено методологію **визначення ефективності вимірювальних систем з використанням моделей і методів встановлення якості будівництва та діагностики технічного стану будівлі на всіх етапах життєвого циклу за допомогою інтелектуальних інформаційних систем.**

При аналізі організаційно-технологічних показників робіт з технічної діагностики слід враховувати можливий взаємовплив робіт з будівництва або експлуатації об'єкта з операціями, що входять до складу робіт системи діагностики, а саме вимірювальних робіт, обстеження, спостережень, моніторингу та інших. Такий взаємовплив має місце на всіх етапах життєвого циклу будівлі.

**Висновки.** Методика дозволяє визначити ефективність вимірювальних систем з використанням моделей і методів контролю якості будівництва та врахування впливу вимірювальних робіт на строки будівництва. Визначення ефективності вимірювальних систем передбачено виконувати шляхом порівняння витрат на ремонтно-відновлювальні роботи будівлі,

що експлуатується з витратами на забезпечення інструментальних спостережень та моніторингу в процесі її експлуатації.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980. – 263 с.
2. Дудкин Е.С. Динамическое воздействие от движения городского транспорта на здания и сооружения / Ползуновский вестник №1 – 2, 2007, С. 30 – 32.
3. Інтегровані моделі і методи автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва: монографія. / В.М. Михайленко П.Є. Григоровський, І.В. Русан, О.О. Терент'єв – К: ЦП «Компринт», 2017. – 230 с.
4. Литвак Б.Г. Экспертная оценка и принятие решений. – М.: Патент, 1996. – 271 с.
5. Методические рекомендации по оценке риска и ущерба при подтоплении территорий. М.: 2001
6. Моделі і методи системи діагностики технічного стану будівель : монографія. / А.О. Білощицький, П.Є. Григоровський, О.О. Терент'єв – К: ЦП «Компринт», 2015. – 232 с.
7. Технология и механизация строительного производства (в двух частях). / Под ред. С. С. Атаева и С.Е. Канторера – М.: Высш. шк. 1983.

#### REFERENCES:

1. Beshelev, S.D., & Hurvych, F.H. (1980). Matematyko-statysticheskiye metody ékspertnykh otsenok. Moskva, Rossyya: Statystyka, 263. [in Russian].
2. Dudkin, Ye.S. (2007). Dinamicheskoye vozdeystviye ot dvizheniya gorodskogo transporta na zdaniya i sooruzheniya, Polzunovskiy vestnik: 1–2, 30 – 32. [in Russian].
3. Mikhaylenko, V.M., Hryhorovs'kyy, P.YE., Rusan, I.V. & Terent'yev, O.O. (2017). Intehrovani modeli i metody

avtomatyzovanoyi systemy diahnostyky tekhnichnoho stanu ob'yektiv budivnytstva: monohrafiya. – Kyiv, Ukrayina: TSP «Kompriynt», 230. [in Ukrainian].

4. Lytvak, B.H. (1996). Ékspertnaya otsenka y prynyatye reshenyy. Moscow, Russia: Patent, 271. [in Russian].

5. Методические рекомендации по оценке риска и ущерба при подтоплении территорий (2001). Moscow, Russia. [in Russian].

6. Biloshchyts'kyu, A.O., Hryhorovs'kyu, P.YE., & Terent'yev, O.O. Modeli i metody systemy diahnostyky tekhnichnoho stanu budivel' : monohrafiya. – Kyiv, Ukrayina: TSP «Kompriynt», 232. [in Ukrainian].

7. Ataev, S. S. & Kantorera, S.E. (Eds.). (1983). Tekhnolohyya y mekhanizatsyya stroytel'noho proyzvodstva (v dvukh chastyakh). Moscow, Russia: Vysshaya shkola, 271. [in Russian].

#### АННОТАЦІЯ

В статті приведена методологія обґрунтування ефективності технологій і засобів інструментального визначення параметрів будівель, споруджень і території застройки на всіх етапах життєвого циклу, яка передбачає: встановлення загальних принципів формування системи діагностики технічного стану будівель; обґрунтування ефективності технологій і засобів інструментальних вимірювань; встановлення взаємодії організаційно-технологічних і організаційно-технічних показателів вимірювань; визначення тривалості, періодичності і необхідних об'ємів інструментальних обстежень; визначення ефективності вимірних систем з

использованием моделей и методов обеспечения качества строительства и диагностики технического состояния зданий на всех этапах жизненного цикла с использованием интеллектуальных информационных систем.

Ключевые слова: инструментальные измерения, технология и организация измерений, жизненный цикл зданий, строительство, эксплуатация, угрозы повреждений, уязвимость домов, подтопления.

#### ANNOTATION

To the article methodology of ground of efficiency of technologies and facilities of instrumental determination of parameters of building, building and building territory is driven on all stages of life cycle, that provides for: establishment of general principles of forming of the system of diagnostics of the technical state of building; ground of efficiency of technologies and facilities of the instrumental measuring; establishment of cross-coupling of organizationally-technological and organizationally-technical indexes of measuring; determination of duration, periodicity and necessary volumes of instrumental inspections; determination of efficiency of the measuring systems with the use of models and methods of providing of quality of building and diagnostics of the technical state of building on all stages of life cycle with the use of intellectual informative systems.

Keywords: instrumental measuring, technology and organization of measuring, life cycle of building, building, exploitation, threats of damages, vulnerability of houses, underflooding.