

## УДК 624.15; 725

П. ГРИГОРОВСЬКИЙ<sup>1,2</sup>, Н. ЧУКАНОВА<sup>1</sup>, Ю. КРОШКА<sup>1</sup>, І. ОСАДЧА<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Державне підприємство “Науково-дослідний інститут будівельного виробництва”, пр-т В. Лобановського, 51, Київ, 03110, Україна

<sup>2</sup> Кафедра автоматизації технологічних процесів Київського національного університету будівництва та архітектури, пр-т Повітрофлотський, 31, Київ, 03037, Україна

## ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ’ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

**Мета** цієї роботи – сформулювати загальні принципи обґрунтування ефективності інформаційно-вимірювальних технологій під час експлуатації об’єктів нерухомості. **Методика** обґрунтування ефективності варіанта відновлення технічного стану об’єктів нерухомості в процесі їх експлуатації ґрунтується на застосуванні інформаційно-вимірювальних технологій для встановлення технічного стану об’єкта, що є поєднанням процесів отримання інформації методами інструментальних вимірювань, аналізу та опрацювання такої інформації для прийняття оперативних організаційно-технологічних та технічних рішень щодо забезпечення експлуатаційної придатності об’єкта в умовах невизначеності. Методика передбачає формування ремонтної стратегії із використанням інформаційно-вимірювальних технологій на підставі розроблення життєвого циклу ремонтів та алгоритму вибору варіантів систем інструментального моніторингу, вибору процедури дослідження тривалості вимірювальних робіт, обґрунтування трудовитрат інформаційно-вимірювальних технологій та порівняльної оцінки сукупних витрат упродовж експлуатаційного етапу життєвого циклу об’єкта нерухомості. **Результати.** Встановлено, що вимірювальні роботи є невід’ємною частиною процесу експлуатації та ремонтних робіт в його складі, які здійснюються за єдиним графіком експлуатації будівлі та входять до складу ремонтних робіт, а періодичність і обсяги вимірювальних, зокрема геодезичних робіт, корелюють із відповідними показниками ремонтних робіт. Для планування обсягів вимірювальних робіт їх тривалість та трудовитрати визначають на підставі чинних норм часу, а за їх відсутності – методами технічного нормування. Обґрунтування ефективності інформаційно-вимірювальних технологій упродовж експлуатації об’єкта нерухомості виконують за допомогою порівняльної оцінки сукупних витрат протягом експлуатаційного етапу його життєвого циклу з урахуванням витрат на упровадження інформаційно-вимірювальних технологій, тобто сукупності процесів отримання інформації методами інструментальних вимірювань та опрацювання такої інформації для отримання об’єктивного висновку про технічний стан об’єкта нерухомості. **Наукова новизна** одержаних результатів полягає у розробленні загальних принципів обґрунтування ефективності інформаційно-вимірювальних технологій під час експлуатації об’єктів нерухомості. **Практичне значення** полягає у вдосконаленні типових рішень щодо вибору складу та змісту інформаційно-вимірювальних технологій з урахуванням їх впливу на тривалість та витрати праці виконання усіх видів ремонтів та реконструкцій.

**Ключові слова:** вимірювальні роботи; інформаційно-вимірювальні технології; життєвий цикл об’єктів нерухомості; експлуатація; трудовитрати; ремонтні роботи.

### Вступ. Постановка проблеми

Інформаційно-вимірювальні технології, тобто сукупність процесів отримання інформації методами інструментальних вимірювань про стан об’єкта нерухомості, опрацювання такої інформації для розроблення оперативних організаційно-технологічних та технічних рішень щодо забезпечення експлуатаційної придатності об’єкта є основою визначення обсягів робіт із ремонтів, реконструкції, реставрації, технічного переоснащення об’єктів нерухомості під час їх експлуатації. Нормативні документи містять розділи, що регламентують контроль якості та приймання робіт, але в

жодному з них немає інформації про працездатність і вартість вимірювальних робіт, що виконують протягом життєвого циклу об’єкта нерухомості загалом та під час його експлуатації зокрема. Чинні норми трудомісткості та вартості інженерних вишукувань для будівництва не відображають особливостей виконання таких робіт упродовж експлуатації будівель [Сборник цен на изыскательские работы для капитального строительства. 1982], [ДСТУ Б Д.1.1-1:2013], [ДСТУ-Н Б Д.1.1-8:2008], [СОУ Д.1.2-02495431-001:2008], [МРР-3.2.05.03-05, 2006]. Визначаючи основні показники ефективності вимірювальних робіт, потрібно враховувати

взаємозв'язок і взаємозалежність вимірювальних і ремонтних операцій у складі етапу експлуатації. Вимірювальні роботи є невід'ємною частиною процесу експлуатації та ремонтних робіт в його складі, що здійснюються за єдиним графіком експлуатації будівлі й, природно, входять до складу ремонтних робіт. Тому періодичність і обсяги вимірювальних, зокрема геодезичних, робіт корелюють з відповідними показниками ремонтних робіт [Чуканова Н. П., 2020], [Григорівський П. Є., Чуканова Н. П., 2014] Ремонт будівель – це комплекс будівельних заходів, спрямованих на підтримання або відновлення початкових експлуатаційних якостей як будівлі загалом, так і окремих її елементів. Залежно від технічного стану несучих і огорожувальних конструкцій ремонтні роботи поділяють на поточний і капітальний ремонт, яким передують або до складу яких входять вимірювальні роботи, тобто інформаційно-вимірювальні технології застосовують в процесі експлуатації об'єктів нерухомості.

### Сучасний стан питання

Дослідження [Грабовий П. Г., 2015], [Грабовий П. Г., <http://www.valnet.ru/m7-17.phtml>], [Кулаков К. Ю., Кулаков К. Ю., 2014] показують, що найважливішою частиною організації капітального і поточного ремонтів є розроблення їх життєвого циклу. У практиці технічної експлуатації будівель у межах життєвого циклу використовують поєднання різних ремонтних заходів [СП 255.1325800.2016], [ТКП 45-1.04-305-2016 (33020)]. Наприклад, життєвий цикл об'єкта містить систему планування поточних ремонтів згідно з рекомендованим строком періодичності ремонтів, що становить три роки до першого комплексного капітального ремонту. Інший життєвий цикл стратегії ремонтів може ґрунтуватися на системі, яка передбачає проведення поточних ремонтів із періодичністю п'ять років, виконання вибіркового капітального ремонту через 15 років, комплексного капітального ремонту через 30 років. Варіанти поєднання ремонтних заходів у життєвому циклі ремонтів відповідно до [Грабовий П. Г., 2015] наведено на рис. 1.

а	ПР		ПР		ПР		ПР		ПР		ККР	
	3		6		9		12		15		20	25
б	ПР		ПР		ПР		ВКР		ККР			
	1		5		10		15		30			
в	ПР	ТР	ПР		ПР		ПР				ККР	
	1		5		10		15				25	

Рис. 1. Варіанти поєднання ремонтних заходів у життєвому циклі ремонтів:

ПР – поточний ремонт; ВКР – вибіркового капітального ремонту;

ККР – комплексний капітальний ремонт

Fig. 1. Variants of combination of repair events in the vital loop of repairs :

ПР – current repairs; ВКР – selective major repairs;

ККР – is complex major repairs

### Виклад основного матеріалу досліджень

#### Методика обґрунтування трудовитрат інформаційно-вимірювальних технологій

Аналогічний підхід до поєднання ремонтних заходів у життєвому циклі ремонтів застосовано в наших дослідженнях [Чуканова Н. П., 2020], де вказано, що протягом етапу експлуатації виконують збирання вихідних даних інструментальними методами для обґрунтування необхідних і достатніх обсягів ремонтних робіт, тобто застосовують інформаційно-вимірювальні технології [ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016]. Ремонтним роботам різної складності передують: розроблення проектних рішень, проектів вибіркового або комплексного капітального ремонту, реконструкції, зміни функціонального призначення, консервації або ліквідації та

підготовчі роботи. Ефективності ремонтних робіт можна досягти за наявності необхідної й достатньої інформації про технічний стан будівлі та її інженерних систем. Об'єктивність такої інформації можна забезпечити тільки інструментальними методами, тому ремонтним роботам передують інструментальні спостереження, обстеження або постійний інструментальний моніторинг [ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016], [МРР-2.2.07-98]. Оцінюючи тривалість ремонтних робіт на етапі експлуатації, потрібно урахувати, що інструментальні вимірювання є їх частиною і виконуються, залежно від виду таких робіт, паралельно з експлуатацією будівель (їх частин) без відселення мешканців або послідовно з експлуатаційними періодами та можливим відселенням мешканців. У будь-якому випадку настає період

соціального дискомфорту для учасників процесу, з необхідністю компенсації матеріальної чи моральної шкоди, що не може не позначитися на трудомісткості та вартості ремонтних робіт загалом і інструментальних вимірювань зокрема. У наших дослідженнях [Чуканова Н. П., 2020] наголошено, що не існує достовірної інформації про фактичну періодичність усіх видів ремонтних робіт, яка на практиці істотно відрізняється від рекомендованої керівними документами в комунальному господарстві. Це питання потребує додаткового вивчення. Аналіз проектної документації щодо капітальних ремонтів та реконструкцій, виконаних КП “Спецжитлофонд” у м. Києві, опитування фахівців служб експлуатації та технічного нагляду дали змогу скласти орієнтовну схему періодичності виконання ремонтних робіт на етапі експлуатації об’єктів нерухомості (рис. 2). Схему відносної оцінки трудомісткості ремонтних робіт протягом етапу експлуатації за традиційного (декларативного) підходу до оцінювання експлуатаційної придатності будівлі без урахування та із урахуванням впливу аварійних робіт в умовах невизначеності, тобто недостатності поточної вимірювальної інформації про її технічний стан, наведено на рис. 3. Вплив наявності своєчасної, необхідної та достатньої поточної вимірювальної інформації про технічний стан будівлі, отриманої системою інструментального моніторингу, на збільшення періоду та зменшення трудомісткості виконання ремонтних робіт на об’єктах що експлуатуються, наведено на рис. 4. На вертикальній осі вказано відносну трудомісткість, на горизонтальній – умовну тривалість етапу експлуатації будівлі. Порівняльну схему оцінювання тривалості та періодичності ремонтних робіт на етапі експлуатації (період соціального дискомфорту) за наявності та відсутності системи інструментального моніторингу та відносну оцінку періоду соціального дискомфорту ремонтних робіт досліджуваного періоду наведено на рис. 5–6. За наявності системи моніторингу міжремонтні інтервали збільшуються, а кількість ремонтів зменшується.

#### Удосконалення ремонтної стратегії із використанням інформаційно-вимірювальних технологій

Ефективність вибраної ремонтної стратегії з використанням інформаційно-вимірювальних технологій для конкретного об’єкта можна визначити через сукупні витрати ( $\Pi$ ), що являють собою суму основних капітальних і поточних витрат, зумовлених вартістю і періодичністю виконуваних ремонтів, на основі співвідношення

$$\Pi = (C_{ik}N_k + C_{in}N_n) / (1+r)^T \text{ @ min,} \quad (1)$$

де  $\Pi$  – сукупні витрати на ремонти відповідно до етапу життєвого циклу будівлі;  $C_{ik}$  – середня вартість  $i$ -го капітального ремонту;

$$C_{ik} = C_{i\text{кр}} + C_{i\text{вмк}}, \quad (2)$$

де  $C_{i\text{кр}}$  – середня вартість ремонтних робіт для  $i$ -го капітального ремонту;  $C_{i\text{вмк}}$  – середня вартість застосування інформаційно-вимірювальних технологій для  $i$ -го капітального ремонту;

$$C_{in} = C_{i\text{пр}} + C_{i\text{вмп}}, \quad (3)$$

де  $C_{i\text{пр}}$  – середня вартість ремонтних робіт для  $i$ -го поточного ремонту;  $C_{i\text{вмп}}$  – середня вартість на впровадження інформаційно-вимірювальних технологій для  $i$ -го поточного ремонту;  $N_k$  – кількість капітальних ремонтів за нормативний термін служби;  $C_{in}$  – середня вартість  $i$ -го поточного ремонту;  $N_n$  – кількість поточних ремонтів;  $T$  – період проведення ремонту;  $r$  – коефіцієнт, що застосовується для визначення поточної вартості робіт на етапі експлуатації, з урахуванням грошових потоків, які прогнозують на майбутнє, за умови їх зміни протягом прогнозованого етапу експлуатації (ставка дисконтування).

Організаційну структуру вимірювальних робіт у складі реалізації системи капітального і поточного ремонтів наведено на рис. 7.

#### Алгоритм вибору варіантів систем інструментального моніторингу

Тривалість періоду соціального дискомфорту дорівнює загальній тривалості ремонтних та вимірювальних робіт, що їх супроводжують, з урахуванням їх організаційно-технологічного взаємозв’язку та взаємовпливу. Для її обчислення необхідно визначити основні техніко-економічні показники, тобто тривалість, трудомісткість та собівартість робіт із поточного, аварійного, вибіркового та комплексного капітального ремонтів із відселенням, без відселення або із частковим відселенням мешканців. Алгоритм обчислення тривалості ремонтних робіт (період соціального дискомфорту) для порівняння варіантів систем інструментального моніторингу під час ремонтних робіт наведено на рис. 8.

Отже, вибір технології виконання вимірювальних робіт впливає на тривалість їх виконання та, як наслідок, на час виконання комплексних робіт із обстеження, інструментального моніторингу та всіх видів ремонтів упродовж етапу експлуатації об’єкта нерухомості.

#### Методика та дослідження тривалості вимірювальних робіт

Для визначення необхідних та достатніх обсягів ремонтних робіт, як правило (у загальному випадку), необхідно виконати такі вимірювальні роботи: визначення динаміки кренів та осідань об’єкта геодезичними методами; визначення стану ґрунтової основи геологічними методами; виконавче знімання конструкцій;

обмірні роботи в межах запланованого ремонту; визначення фізико-хімічних характеристик конструкцій та матеріалів неруйнівними або руйнівними методами. За необхідності виконують спеціальні дослідження: геофізичні, радіологічні, гідродинамічні, температурні, вібраційні, вимірювання рівня шуму та освітлення тощо. Основою прогнозування витрат на вимірювальні роботи у складі сукупних витрат експлуатаційного етапу життєвого циклу об'єкта нерухомості є розрахунок тривалості вимірювальних операцій.

Для планування обсягів вимірювальних робіт їх тривалість та трудовитрати визначають на підставі чинних норм часу, а за їх відсутності – методами технічного нормування [Либерман І. А., 2010], [Матвеев М. Ю., Сборщиков М. Н., Сборщиков С. Б., 2011], [Нормування праці. Українська радянська енциклопедія. Том 7, 1982]. Варто зазначити, що для розрахунку норми часу використовують залежність:

$$H_{\text{час}} = T_{\text{оп}} \left( 1 + \frac{T_{\text{пз}} + T_{\text{пт}} + T_{\text{вд}}}{100} \right), \quad (4)$$

де  $H_{\text{час}}$  – норма часу;  $T_{\text{оп}}$  – тривалість оперативної роботи;  $T_{\text{пз}}$  – тривалість підготовчо-завершальних робіт;  $T_{\text{пт}}$  – тривалість технологічних перерв;  $T_{\text{вд}}$  – тривалість відпочинку [Крошка Ю. В., 2020].

За відсутності норм часу, що враховують вплив індивідуальних чинників, притаманних конкретному об'єкту, запропоновано застосувати метод нормування, оснований на визначенні тривалості елементарних трудових дій (операцій), настільки виокремлених і окреслених, що подальший поділ недоцільний, – мікроелементний метод нормування. Мікроелементний метод нормування ґрунтується на тому, що найскладніші й найрізноманітніші трудові дії є комбінаціями простих, або первинних, елементів. Мікроелемент складається із одного або кількох рухів, які виконуються безперервно, і являє собою такий елемент трудового процесу, який далі розчленовувати недоцільно. Загальну тривалість трудового процесу, визначеного мікроелементним методом нормування, обчислюють як [Крошка Ю. В., 2020]:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{ми}} + T_{\text{он}} + T_{\text{вн}} + T_{\text{зн}} + T_{\text{н}} + T_{\text{не}} + T_{\text{во}} + T_{\text{рт}} + T_{\text{зв}} + T_{\text{н}} + T_{\text{вн}} + T_{\text{рп}} + T_{\text{вм}}. \quad (5)$$

Під час обчислення тривалості робіт важливо врахувати коефіцієнти впливу, що діють на трудовий процес і можуть змінювати його тривалість [Крошка Ю. В., 2020].

$$T_{\text{ЦС}} = \mathring{a} \sum_{j=1}^{j=q} (\mathring{a} \sum_{i=1}^{i=n} X_i t_m) x_j, \quad (6)$$

$$Q_{\text{цк}} = \mathcal{C}_{\text{звк}} T_{\text{цк}}, \quad (7)$$

де  $x_i, x_j$  – коефіцієнти, що характеризують вплив факторів на тривалість, відповідно, прийомів та груп прийомів;  $\mathcal{C}_{\text{звк}}$  – склад (чисельність) ланки, що експлуатує  $q$ -й прилад;  $t_m$  – нормативне значення тривалості

мікроелементів трудових процесів. Витрати часу на виконання мікроелементів з урахуванням факторів впливу повинні бути подані в базах даних щодо мікроелементних нормативів. Розрахунок тривалості вимірювального процесу виконаємо на прикладі геодезичного моніторингу визначення осідань та відхилень від вертикалі (кренів) будівель.

Під час виконання геодезичного моніторингу раціонально виділити такі мікроелементи трудового процесу і визначити їх нормативну тривалість у годинах, отриману на підставі досвіду експлуатації засобів вимірювання під час виконання робіт із визначення осідань деформаційних марок та відхилень від вертикалі (кренів) конструкцій будівель, [Григоровський П. Є., Басанський В. О., Крошка Ю. В., Осадча І. В., 2020]:

$T_{\text{он}} = 0,004$  – огляд приладу перед початком роботи;

$T_{\text{вис}} = 0,005$  – визначення висоти приладу від точки встановлення;

$T_{\text{вкл}} = 0,001$  – увімкнення електронного приладу;

$T_{\text{оз}} = 0,001$  – перевірка обертання зорової труби приладу;

$T_{\text{дс}} = 0,050$  – доставка приладу до місця встановлення;

$T_{\text{вн}} = 0,016$  – встановлення нівеліра на штатив;

$T_{\text{вм}} = 0,050$  – вибір та закріплення точки для встановлення приладу;

$T_{\text{ок}} = 0,007$  – налаштування зорової труби під око спостерігача;

$T_{\text{оі}} = 0,001$  – обмін виконавців інформацією без допомоги рації;

$T_3 = 0,016$  – закріплення приладу або устаткування під час встановлення;

$T_{\text{оін}} = 0,005$  – обмін виконавців інформацією за допомогою рації;

$T_{\text{віз}} = 0,002$  – візування приладу на точку;

$T_{\text{ми}} = 0,010$  – підготовка місця для встановлення штатива;

$T_{\text{н}} = 0,008$  – наведення зорової труби на точку;

$T_{\text{нів}} = 0,002$  – візування сітки ниток на точку;

$T_{\text{ве}} = 0,004$  – взяття відліку з електронного приладу;

$T_{\text{во}} = 0,009$  – відлік з оптичного приладу;

$T_{\text{н}} = 0,007$  – перехід з рейкою між точками;

$T_{\text{пер}} = 0,006$  – перехід між точками;

$T_{\text{рп}} = 0,001$  – встановлення рейки на деформаційній марці;

$T_{\text{зн}} = 0,010$  – горизонтування приладу;

$T_{\text{зв}} = 0,001$  – запис відліку до польового журналу;

$T_{\text{вдм}} = 0,010$  – введення вхідних даних в електронний тахеометр;

$T_{\text{вн}} = 0,001$  – внесення відліку в програмне забезпечення для розрахунку деформації;

$T_{\text{рп}} = 0,001$  – розрахунок позначок (координат) контрольних точок;

$T_{\text{вд}} = 0,001$  – визначення деформації.

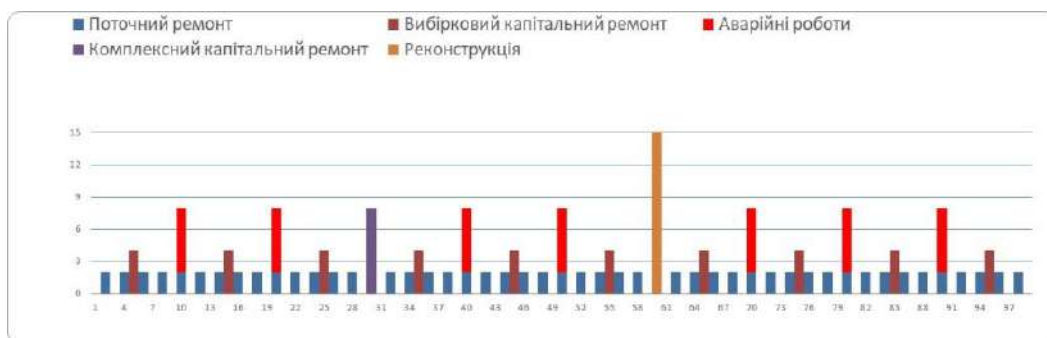
Назва періоду експлуатації	Тривалість, рік	Умовна тривалість експлуатації будівлі, років											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Експлуатація будівлі	120	[Горизонтальна лінійка від 0 до 120]											
Поточні ремонти	5.0	[12 пар вертикальних ліній по 5 років]											
Аварійні ремонти	1.5	[12 пар вертикальних ліній по 1.5 років]											
Перепланування	1.0	[12 пар вертикальних ліній по 1.0 року]											
Вибірковий капітальний ремонт	1.0	[12 пар вертикальних ліній по 1.0 року]											
Комплексний капітальний ремонт	1.0	[12 пар вертикальних ліній по 1.0 року]											
Реконструкція	1.5	[12 пар вертикальних ліній по 1.5 років]											
Консервація	0.4	[12 пар вертикальних ліній по 0.4 року]											
Ліквідація	0.1	[12 пар вертикальних ліній по 0.1 року]											
Загальна трудомісткість ремонтних робіт періоду що досліджується		Розраховується як сума трудомісткостей етапів у період експлуатації, що досліджується (рис. 3–5)											

Рис. 2. Схема оцінювання тривалості ремонтних робіт на етапі експлуатації (період соціального дискомфорту)

Fig. 2. Scheme for estimating the duration of repair work at the stage of operation (period of social discomfort)



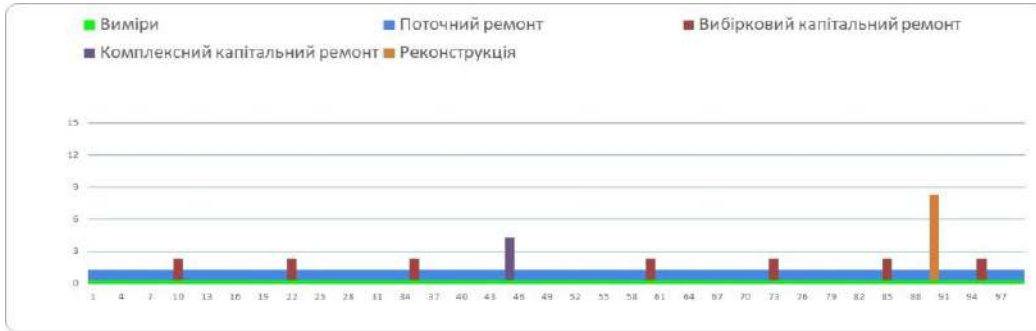
а



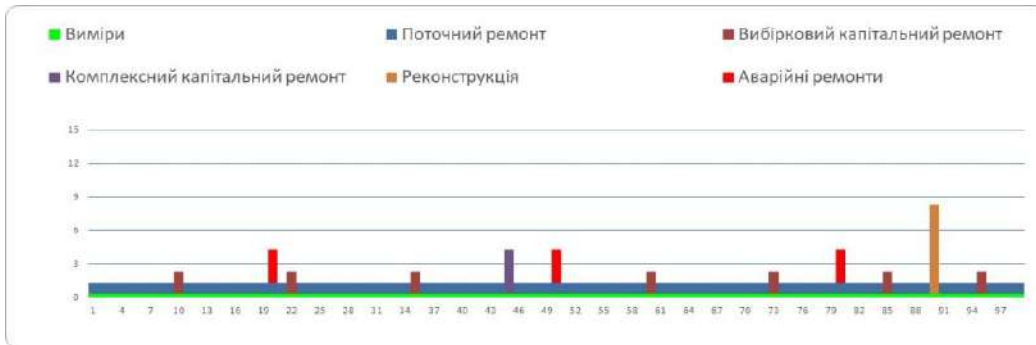
б

Рис. 3. Відносна оцінка трудомісткості ремонтних робіт досліджуваного періоду за недостатності поточної виміральної інформації про технічний стан будівлі (відсутня система інструментального моніторингу): а – ремонтні роботи без урахування аварійних робіт; б – роботи з урахуванням впливу аварійних робіт

Fig. 3. Relative assessment of the complexity of repair work in the period under study in the insufficiency of current measurement information about the technical condition of the building (there is no instrumental monitoring system): а – repair work without taking into account emergency work; б – work taking into account the impact of emergency work



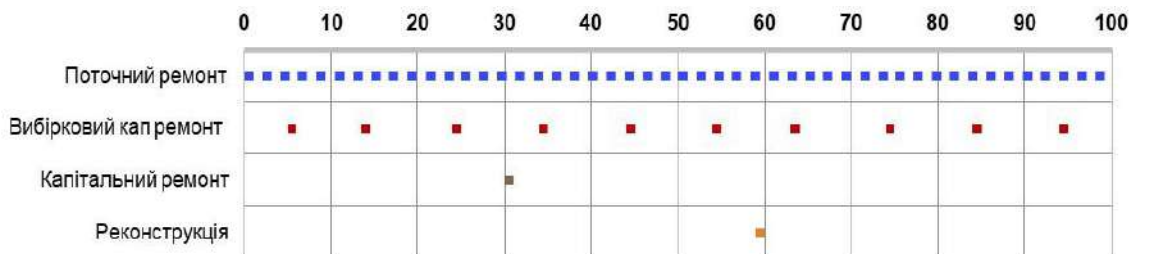
а



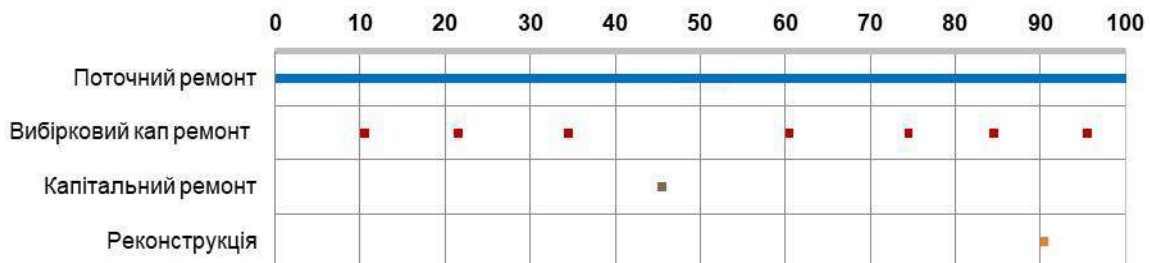
б

Рис. 4. Відносна оцінка трудомісткості ремонтних робіт досліджуваного періоду, якщо достатньо поточної вимірювальної інформації про технічний стан будівлі (наявна система інструментального моніторингу): а – ремонтні роботи без урахування аварійних робіт; б – роботи з урахуванням впливу аварійних робіт

Fig. 4. Relative assessment of the complexity of repair work in the period under study with sufficient current measurement information about the technical condition of the building (there is a system of instrumental monitoring): а – repair work without taking into account emergency work; б – work taking into account the impact of emergency work



а



б

Рис. 5. Схема виконання ремонтних робіт на етапі експлуатації (період соціального дискомфорту): а – відсутня система інструментального моніторингу; б – наявна система інструментального моніторингу

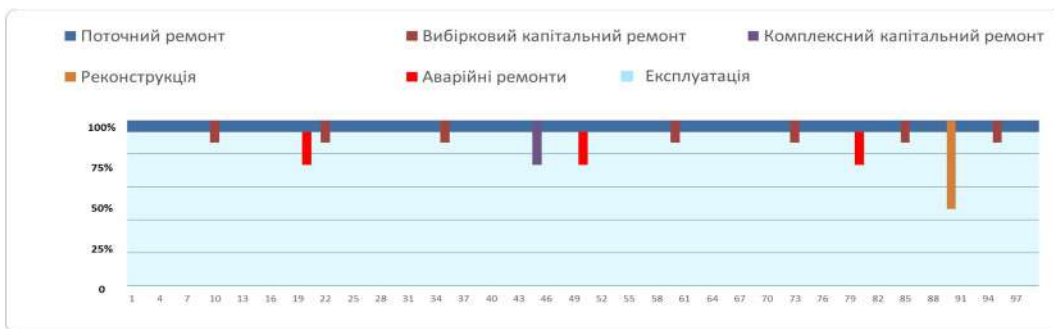
Fig. 5. Scheme of repair works at the stage of operation (period of social discomfort): а – without a system of instrumental monitoring; б – with a system of instrumental monitoring



а



б



в



г

Рис. 6. Відносна оцінка періоду соціального дискомфорту ремонтних робіт досліджуваного періоду: а – за недостатності поточної вимірювальної інформації про технічний стан будівлі (відсутня система інструментального моніторингу); б – сукупний соціальний дискомфорт за відсутності системи інструментального моніторингу; в – якщо достатньо поточної вимірювальної інформації про технічний стан будівлі (наявна система інструментального моніторингу); г – сукупний соціальний дискомфорт у разі застосування системи інструментального моніторингу

Fig. 6. Relative assessment of the period of social discomfort of repair works of the period under study: а – in case of insufficiency of the current measuring information on a technical condition of the building (without a system of instrumental monitoring); б – total social discomfort in the absence of an instrumental monitoring system; в – with sufficient current measuring information about the technical condition of the building (with a system of instrumental monitoring); г – total social discomfort when using the instrumental monitoring system

Рис. 7. Вимірювальні роботи у складі організаційно-структурної схеми реалізації життєвого циклу ремонтів  
 Fig. 7. Measuring works as a part of the organizational and structural scheme of realization of a life cycle of repairs

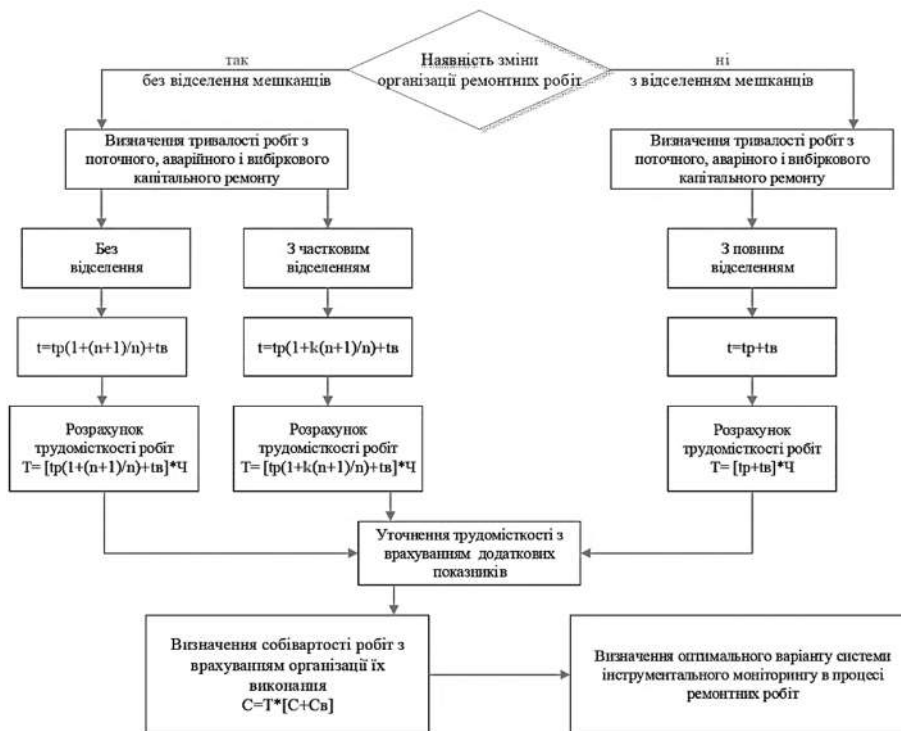
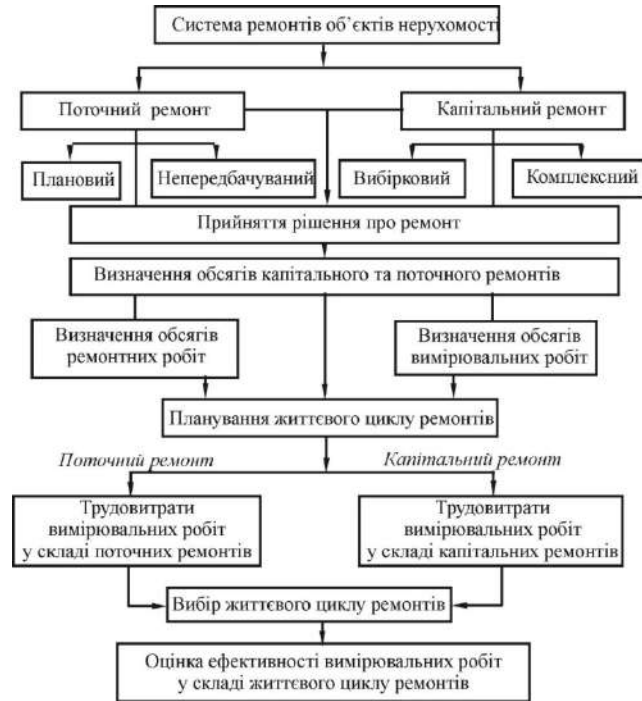


Рис. 8. Алгоритм вибору оптимального варіанта системи інструментального моніторингу під час ремонтних робіт:  
 T – період соціального дискомфорту (тривалість ремонтних робіт з урахуванням впливу вимірювальних робіт);  
 tp – тривалість ремонтних робіт; n – кількість умовних одиниць обсягу ремонту (ділянка, квартира, кв. м тощо);  
 tv – тривалість вимірювань, що супроводжують ремонтні роботи; k – коефіцієнт, що враховує обсяги відселення мешканців; Ч – чисельність бригади, що виконує роботи; C – собівартість ремонтних робіт; Cв – собівартість вимірювальних робіт з урахуванням організації їх виконання

Fig. 8. Algorithm for choosing the optimal version of the instrumental monitoring system in the process of repair work:  
 T – period of social discomfort (duration of repair work, taking into account the impact of measuring work);  
 tp – duration of repair work; n – the number of conventional units of repair (plot, apartment, sq.m, etc.); tv – duration of measurements accompanying repair work; k – coefficient that takes into account the volume of resettlement of residents; Ч – the number of crew performing work;  
 C – the cost of repair work; Cв – cost of measuring works taking into account the organization of their performance



Тривалість підготовки засобів вимірювань, устаткування до вимірювань на вихідному горизонті без урахування впливу будівельних робіт:

$$T_{\text{ППГ1}} = (t_{\text{BT}} + t_{\text{МШ}} + t_{\text{ДС}})A_4 + t_{\text{П}}(A_4 + 1), \quad (8)$$

$$T_{\text{ППГ2}} = (t_{\text{BT}} + t_{\text{МШ}} + t_{\text{ДС}} + t_{\text{ОЗ}})A_1 + t_{\text{П}}(A_1 + 1), \quad (9)$$

де  $T_{\text{ППГ1}}$  – тривалість підготовки до вимірювань нівеліра;  $T_{\text{ППГ2}}$  – тривалість підготовки до вимірювань електронного тахеометра;  $A_4$  – кількість точок встановлення приладів;  $A_1$  – кількість точок встановлення приладу для реєстрації величин деформацій;

Тривалість приведення в робочий стан нівеліра становитиме:

$$T_{\text{ПП1}} = (t_{\text{BT}} + t_{\text{ДС}} + t_{\text{ОТ}})A_4 + t_{\text{П}}(A_4 + 1), \quad (10)$$

де  $T_{\text{ПП1}}$  – тривалість приведення у робочий стан нівелірного приладу на штативі.

$A_4$  – кількість точок встановлення приладів під час розгортання та експлуатації підсистеми вимірювання.

Тривалість приведення в робочий стан електронного тахеометра:

$$T_{\text{ПК1}} = t_{\text{BT}} + t_{\text{ДС}} + t_{\text{ВКЛ}} + t_{\text{П}}, \quad (11)$$

$$T_{\text{ПК2}} = t_{\text{BT}} + t_{\text{ДС}} + t_{\text{ВКЛ}} + t_{\text{П}}, \quad (12)$$

де  $T_{\text{ПК1}}$  – тривалість приведення в робочий стан електронного тахеометра на штативі.

Тривалість центрування (координування) приладів:

$$T_{\text{Ц1}} = \hat{c}(t_s + t_{\text{ГП}} + t_{\text{ВНС}})c_4 + (t_{\text{ОБ}} + t_{\text{Н}} + t_{\text{ВІЗ}} + a_2 t_{\text{ВЕ}})c_4 A_9 \hat{c} A_2, \quad (13)$$

$$T_{\text{Ц2}} = \hat{c}(t_s + t_{\text{ГП}})c_4 + (t_{\text{Н}} + t_{\text{ВІЗ}} + a_2 t_{\text{ВЕ}})c_4 A_9 \hat{c} A_2, \quad (14)$$

$$T_{\text{Ц3}} = \hat{c}(t_s + t_{\text{ГП}} + t_{\text{ПЛ}} + t_{\text{ВНС}})a_7 + (t_{\text{ОБ}} + a_2 t_{\text{ВО}})c_1 \hat{c} A_2, \quad (15)$$

$$T_{\text{Ц4}} = \hat{c}(t_s + t_{\text{ГП}})c_2 a_6 + a_2 t_{\text{ВО}} \hat{c} A_2, \quad (16)$$

де  $T_{\text{Ц1}}$  – тривалість координування електронного тахеометра в довільній точці на штативі;  $T_{\text{Ц2}}$  – тривалість координування електронного тахеометра на пункті примусового центрування; де  $T_{\text{Ц3}}$  – тривалість центрування нівеліра на штативі;  $T_{\text{Ц4}}$  – тривалість центрування нівеліра на пункті примусового центрування;  $c_4$  – значення кількості наближень для наведення приладу на точку;  $A_9$  – кількість вихідних точок знімальної мережі;  $A_2$  – кількість контрольних точок на конструкціях будівлі;  $a_2$  – різниця тривалості взяття відліку в конкретних і нормальних умовах видимості;  $a_7$  – різниця тривалості горизонтування приладу під час його встановлення на конкретну та довільну точку;  $c_1$  – значення кількості наближень для наведення приладу на точку;

Тривалість вимірювальних робіт із визначення відхилення від вертикалі (крону):

$$T_{\text{ВВ1}} = T_{\text{ППГ1}} + T_{\text{ПК1}} + t_{\text{ОК}} + (t_{\text{ВДТ}} + t_{\text{Н}} + t_{\text{НВ}} + t_{\text{ВЕ}} + t_{\text{ВН}} + t_{\text{ВД}})c_1 A_1, \quad (17)$$

де  $T_{\text{ВВ1}}$  – тривалість вимірювальних робіт з визначення відхилення від вертикалі;  $c_1$  – значення кількості наближень для наведення приладу на точку;  $A_1$  – кількість конструкцій, що підлягають визначенню деформацій.

Відповідно, тривалість трудового процесу з визначення відхилення від вертикалі (крону), визначена мікроелементним методом нормування, становить 0,059 год на одну контрольну точку.

Залежність для розрахунку тривалості вимірювальних робіт визначення планових деформацій контрольних точок така:

$$T_{\text{ПД1}} = T_{\text{ППГ1}} + T_{\text{ПК1}} + t_{\text{ОК}} + (t_{\text{ВДТ}} + t_{\text{Н}} + t_{\text{НВ}} + t_{\text{ВЕ}} + t_{\text{ВН}} + t_{\text{ПП}} + t_{\text{ВД}})n, \quad (18)$$

де  $T_{\text{ПД1}}$  – тривалість вимірювальних робіт визначення планових деформацій контрольних точок за допомогою електронного тахеометра;  $n$  – кількість контрольних точок для визначення деформацій.

Відповідно, тривалість трудового процесу з визначення планових деформацій контрольних точок, визначена мікроелементним методом нормування, становить 0,060 год на одну контрольну точку.

Загальну тривалість трудового процесу, визначеного мікроелементним методом нормування, розраховуємо як [Крошка Ю. В., 2020]:

$$T_{\text{ЗАГ}} = T_{\text{МШ}} + T_{\text{ОН}} + T_{\text{ВН}} + T_{\text{ГП}} + T_{\text{Н}} + T_{\text{НВ}} + T_{\text{ВО}} + T_{\text{РТ}} + T_{\text{ЗВ}} + T_{\text{П}} + T_{\text{ВІ}} + T_{\text{РІ}} + T_{\text{ВМ}}, \quad (19)$$

Відповідно, тривалість трудового процесу з визначення осідань деформаційних марок, визначена мікроелементним методом нормування, становить 0,071 год на одну деформаційну марку.

На нашу думку, мікроелементний метод нормування є перспективним напрямом забезпечення єдності норм праці, поліпшення їх якості та зниження трудомісткості робіт з актуалізації норм на основі використання комп'ютерної техніки та програмних засобів. Комбінаторний аналіз доводить, що кількість комбінацій подій завжди більша від кількості подій, що утворюють такі комбінації. Тому кількість елементів трудового процесу, що повинні бути нормовані, завжди менша від кількості трудових процесів, які можна утворити з таких елементів. Цей метод потребує розвитку, оскільки урахування різноманіття впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість вимірювальних робіт є доволі клопітким завданням, яке можна вирішити за допомогою будівельно-інформаційного моделювання [Звонов И. А., Корнилова Д. Л., [https://cyberleninka.ru/viewer\\_images/18245123/f/1.png](https://cyberleninka.ru/viewer_images/18245123/f/1.png)].

Для вибору технології вимірювальних робіт необхідно врахувати: проектні вимоги до вимірювань; обмеження за наявністю приладів; вибір математичних моделей комплексного будівельного та вимірювальних

процесів; вимоги до конструктивної достатності під час вибору кількості контрольованих точок; врахування технологічних та організаційних змін; поточне врахування непередбачених факторів впливу. Обґрунтування витрат часу на виконання вимірювальних робіт доцільно виконувати, поділивши процес на мікроелементи або елементарні трудові рухи, із їх хронометражем.

### Методика обґрунтування ефективності інформаційно-вимірювальних технологій

Отже, обґрунтування ефективності інформаційно-вимірювальних технологій під час експлуатації об'єктів нерухомості можна виконати за допомогою порівняльної оцінки сукупних витрат протягом усього життєвого циклу об'єкта  $P_{жцс}$  за залежністю:

$$P_{жцс} = P_{бюд} + P_{зн} + P_{зб} + P_{ін} + P_{іет}, \quad (20)$$

де  $P_{бюд}$  – сума одноразових капітальних вкладень на проектування і будівництво об'єкта;  $P_{зн}$  – сума витрат на знесення і утилізацію об'єкта під час виведення його з експлуатації;  $P_{зб}$  – сума витрат на реалізацію ресурсозбережних технологій;  $P_{ін}$  – сума витрат на впровадження інноваційних технологій;

$$P_{іет} = P_{іе} + P_{оі}, \quad (21)$$

де  $P_{іет}$  – сума витрат на упровадження інформаційно-вимірювальних технологій, тобто сукупності процесів отримання інформації методами інструментальних вимірювань ( $P_{іе}$ ) та опрацювання такої інформації ( $P_{оі}$ ) для розроблення оперативних організаційно-технологічних та технічних рішень щодо забезпечення експлуатаційної придатності об'єкта.

### Висновки

1. Інформаційно-вимірювальні технології, тобто сукупність процесів отримання інформації методами інструментальних вимірювань про стан об'єкта нерухомості, опрацювання такої інформації для розроблення оперативних організаційно-технологічних та технічних рішень щодо забезпечення експлуатаційної придатності об'єкта є основою визначення обсягів робіт із ремонтів, реконструкції, реставрації, технічного переоснащення об'єктів нерухомості у ході їх експлуатації.

2. Вимірювальні роботи є невід'ємною частиною процесу експлуатації і ремонтних робіт у його складі, що здійснюються за єдиним графіком експлуатації будівлі та, природно, входять до складу ремонтних робіт, тому періодичність і обсяги вимірювальних, зокрема геодезичних робіт, корелюють із відповідними показниками ремонтних робіт.

3. Для планування обсягів вимірювальних робіт їх тривалість та трудовитрати визначають на підставі чинних норм часу, а за їх відсутності – методами технічного нормування.

4. Вибір технології виконання вимірювальних робіт впливає на тривалість їх виконання та, як наслідок, на час виконання комплексних робіт із обстеження, моніторингу технічного стану будівель та всіх видів ремонтів протягом етапу експлуатації об'єкта нерухомості.

5. Обґрунтування ефективності інформаційно-вимірювальних технологій під час експлуатації об'єктів нерухомості виконують за допомогою порівняльної оцінки сукупних витрат упродовж життєвого циклу об'єкта з урахуванням витрат на впровадження інформаційно-вимірювальних технологій, тобто сукупності процесів отримання інформації методами інструментальних вимірювань та опрацювання такої інформації для отримання об'єктивного висновку про технічний стан об'єкта нерухомості.

### Література

- ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва.
- ДСТУ-Н Б Д.1.1-8:2008. Правила визначення вартості наукових та науково-технічних робіт у будівництві. Стандарт організації України.
- ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд.
- ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.
- Грабовый П. Г. (2015). Сервейинг: организация, экспертиза, управление. Часть 3. Управленческий модуль в системе сервейинга: учебник. Москва: АСВ, ИИИ “Просветитель”, 552 с.
- Грабовый П. Г. Сервейинг – концепция системного анализа недвижимости. URL: <http://www.valnet.ru/m7-17.phtml>
- Григоровський П. Є., Басанський В. О., Крошка Ю. В., Осадча І. В., (2020). Методика порівняльної оцінки тривалості інструментального моніторингу зсуво-небезпечних територій.
- Григоровський П. Є., Чуканова Н. П. (2014). Особливості розрахунку трудовитрат на проведення геодезичних робіт у будівництві. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*: зб. наук. праць Західного геодезичного товариства УТГК, Вип. І (27), С. 148–150.
- Звонов И. А., Корнилова Д. Л. Методика подготовки информационной модели здания для дальнейшего ее внедрения в систему технической эксплуатации,

- Московский гос. ун-т.* URL: [https://cyberleninka.ru/viewer\\_images/18245123/f/1.png](https://cyberleninka.ru/viewer_images/18245123/f/1.png)
- Крошка Ю. В. (2020). Удосконалення організаційно-технологічних рішень вимірювальних робіт при зведенні монолітно-каркасних будівель: дис. канд. техн. наук: 05.23.08. Харків, 189 с
- Кулаков К. Ю., Кулаков К. Ю. (2014). Особенности современного развития теории и практики концепции сервейинга в мировой экономике. *Современные проблемы науки и образования*, № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16324>
- Либерман И. А. (2010). Техническое нормирование, оплата труда и проектно-сметное дело в строительстве: учебник. Москва: ИИФРА-М, 400 с.
- Матвеев М. Ю., Сборщиков М. Н., Сборщиков С. Б. (2011). Развитие системы нормирования труда за рубежом. *Вестник МГСУ*. Москва, № 3, С. 68–74.
- MPP-2.2.07-98. Методика проведения обследований зданий и сооружений при их реконструкции и перепланировке. Москва, 1998.
- MPP-3.2.05.03-05. Рекомендации по определению стоимости работ по обследованию технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. Москва, 2006.
- Нормування праці. Українська радянська енциклопедія (1982). Головна редакція Української радянської енциклопедії. 2-ге вид. Т. 7, 526 с., с. 474.
- СП 255.1325800.2016. Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения (2017). *Стандартинформ*. Москва.
- Сборник цен на изыскательские работы для капитального строительства (1982) / Госстрой СССР. Москва: Стройиздат, 568 с.
- СОУ Д.1.2-02495431-001:2008. Нормативи витрат труда для визначення вартості робіт з оцінки технічного стану та експлуатаційної придатності конструкцій будівель і споруд.
- ТКП 45-1.04-305-2016 (33020). Техническое состояние и техническое обслуживание зданий и сооружений. Основные требования. Минск, 2017.
- Чуканова Н. П. (2020). Удосконалення організаційно-технологічних рішень моніторингу технічного стану будівель старої забудови: дис. канд. техн. наук: 05.23.08. Харків, 231 с.

P. HRYHOROVSKIY<sup>1,2</sup>, N. CHUKANOVA<sup>1</sup>, YU. KROSHKA<sup>1</sup>, I. OSADCHA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> The state enterprise “Research institute of building production”, 51, pr-t of B. Lobanovskiy, Kyiv, 03110, Ukraine

<sup>2</sup> Departments of automation of technological processes of the Kyiv national university of building and architecture, 31, pr-t Povitroflotskiy, Kyiv, 03037, Ukraine

#### GENERAL PRINCIPLES OF GROUND OF EFFICIENCY OF INFORMATIVELY-MEASURING TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF EXPLOITATION OF OBJECTS OF THE REAL ESTATE

**Aim of this work** – to set forth general principles of ground of efficiency of informatively-measuring technologies in the process of exploitation of objects of the real estate. **Methodology.** The method of substantiating the effectiveness of the restoration of the technical condition of real estate in the process of their operation is based on the use of information and measurement technologies to establish the technical condition of the object, which is a combination of information retrieval methods, instrumental measurement, analysis and processing of such information, technological and technical solutions to ensure the operational suitability of the facility in conditions of uncertainty. The method involves the formation of a repair strategy using information and measurement technologies based on the development of the life cycle of repairs and algorithms for selecting options for instrumental monitoring systems, choosing the procedure for studying the duration of measurement work, justification of labor and information technology costs and comparative assessment of total costs of real estate object. **Results.** It is established that measuring works are an integral part of the process of operation and repair work in its composition, which are carried out according to a single schedule of operation of the building and are part of repair work, and the frequency and volume of measuring, including geodetic work correlate with. To plan the volume of measuring work, their duration and labor costs are determined on the basis of existing time norms, and in their absence – by methods of technical rationing. Substantiation of the effectiveness of information and measurement technologies in the operation of real estate is performed by comparative assessment of total costs during the operational stage of its life cycle, taking into account the costs of implementing information and measurement technologies, that is the set of processes for obtaining information by instrumental measurement and processing 'effective conclusion on the technical

condition of the property. **The scientific novelty of the obtained results** is in the development of general principles for substantiating the effectiveness of information and measurement technologies in the operation of real estate. **The practical significance** lies in the improvement of standard solutions for the choice of composition and content of information and measurement technologies, taking into account their impact on the duration and labor costs of all types of repairs and reconstruction.

*Key words:* measuring works; information and measuring technologies; life cycle of real estate objects; operation; labor costs; repair works.

### References

- DSTU B D.1.1-1:2013. Rules for determining the cost of construction.
- DSTU-N B D.1.1-8:2008. Rules for determining the cost of scientific and scientific-technical works in construction Standard of organization of Ukraine.
- DSTU-N B B.1.2-18:2016. Guidelines for inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition.
- DSTU-N B B.1.2-17:2016. Guidelines for scientific and technical monitoring of buildings and structures.
- Grabovy P. G. (2015). Surveying: organization, expertise, management. Part 3. Management module in the surveying system: a textbook. Moscow: DIA, IIA "Prosvetitel'", 552 p.
- Grabovy P. G. Surveying – the concept of the system analysis of the real estate. URL: <http://www.valnet.ru/m7-17.phtml>
- Hryhorovskiy P. E., Chukanova N. P. (2014). Features of calculation of labor costs for geodetic works in construction. *Modern achievements of geodetic science and production: Book of Science works of the Western Geodetic Society UTGC*. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. Vip. (27), p. 148–150.
- Hryhorovskiy P. E., Basansky V. O., Kroshka Y. V., Osadcha I. V. (2020). Methods of comparative assessment of the duration of instrumental monitoring of landslide-prone areas.
- Zvonov I. A., Kornilova D. L. Methods of preparing an information model of the building for further implementation in the system of technical operation, Moscow State University, Moscow. URL: [https://cyberleninka.ru/viewer\\_images/18245123/f/1.png](https://cyberleninka.ru/viewer_images/18245123/f/1.png)
- Kroshka Yu. V. (2020). Improvement of organizational and technological decisions of measuring works at erection of monolithic-frame buildings: dis. cand. tech. sciences: 05.23.08 Kharkiv, 189 s.
- Kulakov K. Yu., Kulakov K. Yu. (2014). Features of modern development of theory and practice of the concept of surveying in the world economy. *Modern problems of science and education*, No. 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16324>
- Lieberman I. A. (2010). Technical rationing, wages, design and estimate work in construction: textbook. M.: INFRA-M, 400 p.
- Matveev M. Yu., Sborschikov M. N., Sborschikov S. B. (2011). Development of the system of labor rationing abroad. *Vestnik*. Moscow: MSSU, No. 3, S. 68–74.
- MRR-2.2.07-98. Methods of conducting surveys of buildings and structures during their reconstruction and redevelopment, Moscow, 1998.
- MRR-3.2.05.03-05. Recommendations for determining the cost of work on the inspection of the technical condition of building structures and structures, Moscow, 2006.
- Labor rationing. Ukrainian Soviet Encyclopedia (1982). The main edition of the Ukrainian Soviet encyclopedia. Ed. 2nd, Vol. 7, 526 p., P. 474.
- SP 255.1325800.2016. Buildings and structures. Rules of operation. Basic provisions. Standardinform, Moscow, 2017.
- Collection of prices for exploration works for capital construction (1982) / Gosstroy of the USSR. M.: Stroyizdat, 568 p.
- SOU D.1.2-02495431-001:2008. Standards of labor costs to determine the cost of work to assess the technical condition and serviceability of structures of buildings and structures
- TKP 45-1.04-305-2016 (33020). Technical condition and maintenance of buildings and structures. Basic requirements. Minsk, 2017.
- Chukanova N. P. (2020). Improving organizational and technological solutions for monitoring the technical condition of old buildings: dis. cand. tech. sciences: 05.23.08 Kharkiv, 231 p.