

УДК 69:001.89

*П.Є. Григоровський, к.т.н.; Н.П. Чуканова, НДІБВ, Київ***МЕТОДИКА ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ****АНОТАЦІЯ**

У статті зроблена спроба раціонального вибору методів моніторингу технічного стану житлових будинків старої забудови. Визначені можливі дефекти будівельних конструкцій, їх можливі причини і можливі способи усунення.

Оцінка ступеня впливу методів моніторингу виконана методом експертної оцінки. У статті наведені таблиці анкет експертного опитування. Наведені гістограми ступеня впливу методів моніторингу. Достовірність отриманих даних підтверджується за допомогою критерію Пірсона.

Ключові слова: експертне опитування, критерій Пірсона, метод моніторингу, ранжування, термін життя будівель.

Термін життя будівель у значній мірі залежить від якості проектування, будівництва та їх експлуатаційної придатності. Довготривала експлуатація будівель забезпечується за рахунок сповільнення фізичного зношення шляхом реалізації заходів з технічної експлуатації (поточні та капітальні ремонти), які розробляються за результатами технічних оглядів та позапланові ремонти при визначенні загрози пошкоджень у процесі моніторингу її технічного стану.

Своєчасний моніторинг технічного стану будівлі має важливе значення для подовження терміну життя будівель. Раціональний метод 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] проведено аналіз характерних дефектів і пошкоджень будівельних конструкцій та робиться спроба розробки методики експертної оцінки ступеня впливу конструкцій будівель на їх технічний стан [2, 3]. В результаті дослідження визначено, що найбільший вплив на технічний стан будівлі мають фундаменти та несучі стіни. Їх

пошкодження найбільш впливають на стан всієї будівлі.

Структурна схема процесу експлуатації будинку представлена на рис.1. Схема включає сам процес експлуатації, планові поточні та, за необхідності, капітальні ремонти. На схемі відображені всі періоди циклу експлуатації будівлі з обстеженнями, моніторингом, ремонтами та ліквідацією. Жирними лініями виділено процес прийняття рішення при раптовій появі дефектів будинку, в тому числі і при техногенній аварії та при початку будівництва в безпосередній близькості від будівлі. За результатами моніторингу технічного стану може бути прийняте рішення про:

- продовження експлуатації;
- розширення моніторингу до виявлення причин дефекту;
- усунення причин появи дефекту;
- проведення позапланового ремонту.

У цій статті робиться спроба раціонального вибору методів моніторингу технічного стану житлових будівель старої забудови, де можливості моніторингу обмежені, тому що встановлення датчиків при будівництві не було передбачено.

Для вибору раціонального методу моніторингу необхідно перш за все визначити можливі дефекти та пошкодження будівельних конструкцій, їх можливі причини та можливі заходи з їх усунення, провести аналіз методів та економічної ефективності моніторингу технічного стану. Для дослідження виберемо фундаменти, які найбільш впливають на технічний стан конструкції будівлі.

Деформації ґрунтових основ, ушкодження і дефекти фундаментів позначаються на технічному стані усіх будівельних конструкцій [4, 5].

Залежно від технічного стану ґрунтової основи і фундаментів програма детального обстеження може включати:

- дослідження гідрогеологічної обстановки в районі розташування будівлі або споруди і аналіз ґрунтових вод;
- визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів основи в лабораторних або польових умовах;
- фіксацію фактичних розмірів фундаментів у плані, по висоті і в розрахункових перерізах;
- уточнення розрахункової схеми фундаментів і діючих навантажень;
- інструментально-візуальне виявлення осідань фундаментів і ґрунтів основи; сколювання захис-

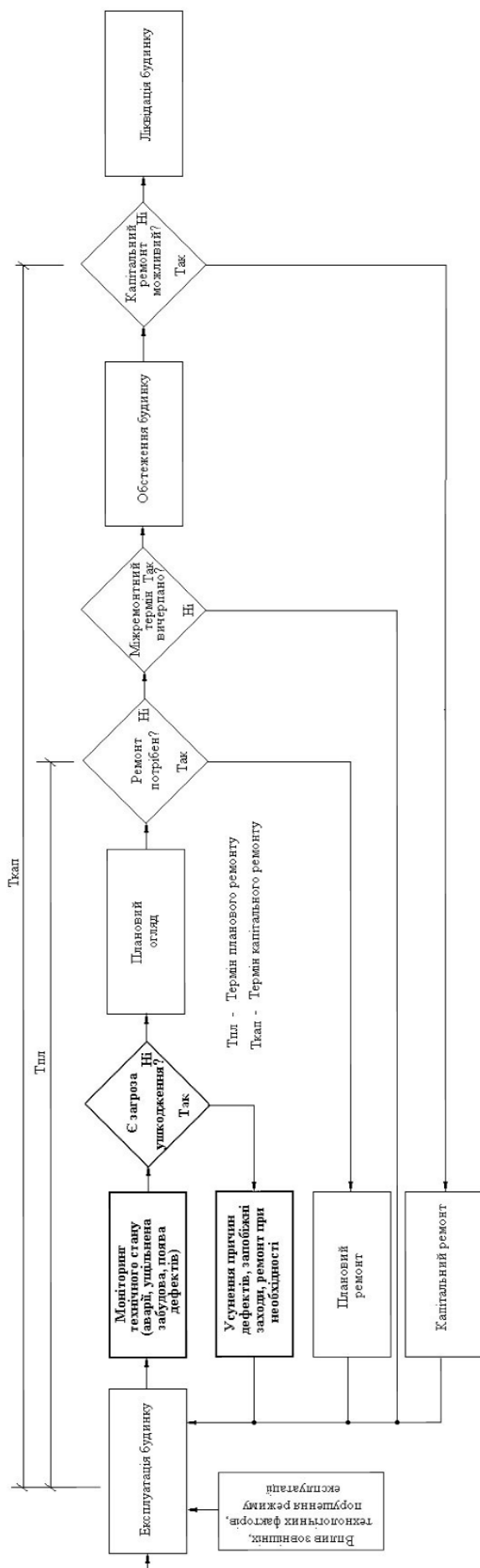


Рис. 1. Структурна схема процесу експлуатації будинку

ного шару; ушкоджень антикорозійного захисту і гідроізоляції, тріщин, висолування і іржі на поверхні фундаментів;

- лабораторне вивчення складу новоутворень у бетоні і арматурі при взаємодії з агресивним середовищем;

- обстеження голої арматури;

- визначення фізико-механічних властивостей матеріалу;

- дослідження параметрів коливань ґрунтової основи, фундаментів і підлоги;

- виконання перевірочних розрахунків здатності несучих підстав і фундаментів.

Дія стихійних явищ (вітер, зливи, землетрус) та техногенних чинників (аварії водопроводів, каналізації тощо) може викликати пошкодження будівельних конструкцій або будинку в цілому.

Ущільнена забудова, що практикується в останні роки, може викликати:

- зміни геологічного характеру: підвищення рівня ґрунтових вод, карстових утворень, порушення фізико-механічних характеристик основ будівель і інші негативні явища;

- механічні: навантаження: вібрації, удари, блукаючі струми тощо.

Прийняття ефективних рішень з подовження терміну безпечної експлуатації будівлі неможливо без наявності об'єктивної інформації про технічний стан будівель. Цю інформацію можна отримати шляхом моніторингу технічного стану будівлі, за результатами якого можуть бути прийняті рішення про:

- продовження експлуатації будівлі;
- продовження моніторингу;
- проведення більш поглибленого моніторингу;
- усунення причин можливого впливу на безпечну експлуатацію будівлі;
- проведення позапланового ремонту;
- заміни або підсилення елементів конструкцій.

Обсяг заходів визначають з точки зору ефективного продовження життя будинку з врахуванням вартості ремонту та остаточної вартості самої будівлі.

Найхарактернішими дефектами фундаментів та несучих стін є нерівномірне просідання і, як наслідок, викривлення горизонтальних ліній стін тощо. Техногенні аварії, ущільнена забудова може викликати зміну геологічних умов і, як наслідок, зміну рівня ґрунтових вод, замокання фундаменту та стін, просідання, тріщини тощо. Зміна характе-

ристик міцності матеріалів фундаменту може привести до викривлення стін, появи тріщин та руйнування фундаментів та стін.

Наслідки зміни геологічних умов можна визначити геотехнічним моніторингом. Мета геотехнічного моніторингу - проведення спостережень за станом основ фундаменту і масиву ґрунту своєчасним виявленням і розвитком наявних відхилень у експлуатації будівель. Своєчасний моніторинг сприяє усуненню можливих негативних наслідків, забезпечує збереження існуючої забудови, що знаходиться в зоні впливу техногенної аварії чи нового будівництва, сприяє своєчасному виявленню дефектів, попередженню і усуненню негативних процесів, а також оцінці правильності прийнятих рішень і результатів прогнозу.

Геотехнічний моніторинг стану ґрунтів включає:

- влаштування шурфів переважно поблизу фундаментів;
- буріння свердловин з відбором зразків ґрунту і води з визначенням рівня підземних вод;
- статичне та динамічне зондування ґрунтів;
- випробування ґрунтів штапами або пресиометрами (статичним навантаженням);
- випробування ґрунтів геофізичними методами;
- лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів і хімічний аналіз підземних вод;
- камеральну обробку матеріалів.

Відхилення від вертикалі і викривлення у вертикальній площині стін можуть бути виміряні за допомогою виска і лінійки.

Зміщення по горизонталі від опорних точок, а також вертикальні переміщення визначаються вимірюванням за допомогою мірної стрічки та лінійки, геодезичним зніманням. За допомогою теодолітів можуть бути виміряні також нахили і витріщення стін.

Величини просідань, викривлень конструкцій і їх елементів вимірюються шляхом натягнення тонкого дроту між краями конструкції або її частинами, що не мають деформації, і вимірюванням відстані між дротом і поверхнею конструкції з допомогою лінійки.

Величини прогинів можуть бути визначені також за допомогою прогиномірів та гідростатичними рівнями.

Визначення кінетики розвитку деформацій здійснюється шляхом багатократних їх вимірю-

вань через певні інтервали часу (від однієї до 30 діб) залежно від швидкості розвитку деформації.

Мета спостереження за деформаціями полягає в тому, щоб встановити, чи стабілізувалися або продовжують розвиватися осідання будівлі. Якщо в процесі спостереження не були виявлені основні або найбільш вірогідні причини деформацій, то спостереження продовжують вести тривалий час.

При обстеженні кам'яної кладки фундаментів необхідно фіксувати міцність каменів, міцність розчину і його напружений стан.

При застосуванні неруйнівних методів випробувань визначення міцності на стискання розчину і каменю в конструкції може бути виконане методом класичної деформації, склерометрами тощо.

Міцність каменів може бути визначена неруйнівним методом за допомогою ультразвукових приладів.

При обстеженні будівель поблизу джерел динамічних навантажень, що викликають коливання прилеглих до них ділянок основи, необхідно проводити вібраційне обстеження. Вібраційне обстеження здійснюється з метою отримання фактичних даних про рівні коливань ґрунту і конструкцій фундаментів за наявності динамічних дій:

- від устаткування, що встановлено в будівлі або близько до будівлі;
- від наземного або підземного колісного і рейкового транспорту, що проходить, близько до будівлі;
- від будівельних робіт, у тому числі застосування забивних паль при реконструкції і новому будівництві;
- від інших джерел вібрації, що розташовані поблизу будівлі.

Для дослідження ступеня впливу видів моніторингу технічного стану будівлі застосовано метод експертної оцінки. Попередньо було зроблено аналіз факторів (пошкоджень) для фундаменту будинку. Кожна група факторів складається із сукупності підфакторів (видів моніторингу). Декомпозиція підгруп факторів представлена в третьому стовпчику таблиці 1.

Виявлення ушкоджень і дефектів фундаментів (осідання, сколювання і відшаровування захисного шару, стан гідроізоляції і антикорозійного захисту, корозія і міцність матеріалу фундаментів тощо) роблять зондуванням ґрунтової основи з відриванням шурфів для оголення поверхні фундаментів.

Таблиця 1. Характерні дефекти фундаментів та ґрунтових основ

Конструкція	Група факторів (види пошкодження)	Підгрупа факторів (види моніторингу)
Ф - Фундаменти та ґрунтові основи	<b>Ф1</b> – Поява дрібних ушкоджень цокольної частини, сколів, випадання окремих каменів в надземній частині цоколя і фундаментних стовпах.	<b>Ф1.1</b> – Візуальний огляд <b>Ф1.2</b> – Встановлення маяків чи використання цілемірів. Нагляд за динамікою розкриття тріщин. <b>Ф1.3</b> – Нагляд за динамікою розкриття тріщин. Вимірювання міцності цегляних та кам'яних конструкцій
	<b>Ф2</b> – Поява слідів зволоження цоколя і стін, витріщування окремих ділянок стін підвалу.	<b>Ф2.1</b> – Проходження шурфів <b>Ф2.2</b> – Буріння свердловин з визначенням рівня підземних вод <b>Ф2.3</b> – Статичне зондування ґрунтів <b>Ф2.4</b> – Випробування ґрунтів пресіометрами (статичним навантаженням) <b>Ф2.5</b> – Випробування ґрунтів геофізичними методами
	<b>Ф3</b> – Перекоси, витріщування цоколя, тріщини в цоколі, тріщини, сколи і випадання каменів в надземній частині стовпів. Нерівномірне осідання. Осідання ґрунтів навколо будівель.	<b>Ф3.1</b> – Візуальний огляд <b>Ф3.2</b> – Встановлення маяків чи використання цілемірів. Нагляд за динамікою розкриття тріщин. <b>Ф3.3</b> – Нагляд за динамікою розкриття тріщин. Вимірювання міцності цегляних та кам'яних конструкцій <b>Ф3.4</b> – Геодезичний нагляд за просіданнями <b>Ф3.5</b> – Гідростатичне нівелювання <b>Ф3.6</b> – Гідростатичне нівелювання за допомогою системи DSM <b>Ф3.7</b> – Автоматичне нівелювання тахеометром (система MONMOS)
	<b>Ф4</b> – Підтоплення територій навколо будівель, а також підвальних приміщень. Порушення зовнішнього водовідведення (відмостки, водостічні труби тощо), а також порушення цілісності вертикального планування	<b>Ф4.1</b> – Проходження шурфів <b>Ф4.2</b> – Буріння свердловин з визначенням рівня підземних вод <b>Ф4.3</b> – Статичне зондування ґрунтів <b>Ф4.4</b> – Випробування ґрунтів пресіометрами (статичним навантаженням) <b>Ф4.5</b> – Випробування ґрунтів геофізичними методами
	<b>Ф5</b> – Аварія побутових чи технологічних систем водопостачання і каналізації	<b>Ф5.1</b> – Проходження шурфів <b>Ф5.2</b> – Буріння свердловин з визначенням рівня підземних вод <b>Ф5.3</b> – Статичне зондування ґрунтів <b>Ф5.4</b> – Випробування ґрунтів пресіометрами (статичним навантаженням) <b>Ф5.5</b> – Випробування ґрунтів геофізичними методами
	<b>Ф6</b> – Будівельні роботи поблизу будівлі (ущільнена забудова)	<b>Ф6.1</b> – Візуальний огляд <b>Ф6.2</b> – Геодезичний нагляд за просіданнями <b>Ф6.3</b> – Гідростатичне нівелювання <b>Ф6.4</b> – Гідростатичне нівелювання за допомогою системи DSM <b>Ф6.5</b> – Автоматичне нівелювання тахеометром (система MONMOS)

Якщо нижче подошви фундаментів виявлені насипні, заторфовані, рихлі піщані, порохняно-глинисті ґрунти текучої і текучопластичної консистенції або інші слабкі ґрунти, в шурфах мають бути закладені розвідувальні свердловини.

Фізико-механічні характеристики ґрунтів підстав визначають в лабораторних або полігонних умовах наступними методами:

- статичним зондуванням;
- динамічним зондуванням;
- зондуванням з використанням крильчаток для випробування ґрунту на обертальний зріз;
- гвинтовими штампами;
- радіальними і лопатевими пресіометрами.

Для визначення міцності каменю у фундаментах за механічними характеристиками його поверхневого шару використовують еталонний молоток Кашкарова або подібні пристрої.

Для точнішого виміру міцності масиву фундаментів і виявлення прихованих в них дефектів використовують неруйнівні методи (акустичний; радіометричний; магнітометричний тощо).

Ступінь впливу моніторингу на точність та своєчасність одержання результату оцінити досить складно, бо чітких критеріїв для цього немає. Оцінку ступеня впливу методів моніторингу на технічний стан будівлі виконано методом експертної оцінки [6, 7] спеціалістами, що займаються обстеженням технічного стану будівель.

Для проведення експертного опитування була сформована група експертів у складі 12 чоловік (К) – один доктор технічних наук, три кандидати технічних наук та вісім інженерів з досвідом роботи з обстеження технічного стану будівель не менше 5 років (рівень компетентності складає від 0,7 до 0,95 [1]).

Кількість експертів визначено з врахуванням максимальної кількості факторів, що аналізуються (N=8), та з врахуванням умови  $K > N$ .

Опитування експертів виконано з допомогою анкет, які містять перелік методів моніторингу технічного стану фундаменту (таблиці 2 – 7).

Ранжування виконано з допомогою натуральних чисел у межах кількісного складу об'єктів дослідження (від 1 до n, де n – кількість методів моніторингу для даного фактора впливу).

При ранжуванні експерт повинен розташувати об'єкти (методи моніторингу) в порядку, який здається йому найбільш раціональним, і приписати кожному з них числа натурального ряду – ран-

ги. При цьому ранг n отримує найбільш прийнятна альтернатива, а ранг 1 – найменш прийнятна. Отже, порядкова шкала, що отримується в результаті ранжування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів N числу об'єктів, що ранжуються n.

У разі, якщо експерт вважає ранг декількох об'єктів однаковим, він привласнює їм однакові (пов'язані) ранги. Присвоєння рангів виконується таким чином, щоб сума рангів ( $\Sigma R$ ) дорівнювала сумі натурального ряду чисел, яка визначається за формулою [6]:

$$\Sigma R = N(N+1)/2, \quad (1)$$

де N – загальна кількість об'єктів дослідження – підгруп фактора.

При ранжуванні в порядковій шкалі узгодженість оцінок експертів ґрунтується на понятті компактності. Для цього звичайно використовується міра узгодженості думок експертів – дисперсійний коефіцієнт конкордації (коефіцієнт згоди), який розраховується за формулою [8]:

$$w = 12 \Sigma Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \Sigma U_j), \quad (2)$$

де  $Q_i^2$  – загальна варіація вибірки:

$$\Sigma Q_i^2 = \Sigma (\Sigma r_{ij} - \bar{r})^2,$$

де  $\Sigma r_{ij}$  – сума рангів, що призначені i-му об'єкту всіма експертами;

$\bar{r}$  – середня сума рангів:

$$\bar{r} = (1/N) \Sigma \Sigma r_{ij},$$

K – кількість експертів, що брали участь в опитуванні;

N – загальна кількість об'єктів дослідження;

$U_j$  – показник, який враховує кількість пов'язаних рангів (однакових рангів у кожного експерта):

$$U_j = \Sigma (u_{sj}^3 - u_{sj}),$$

де  $u_{sj}$  – кількість пов'язаних (однакових) рангів в s – й групі j – го експерта.

Коефіцієнт конкордації змінюється в межах від нуля до одиниці. Якщо він дорівнює одиниці ( $w = 1$ ), то говорять про повну узгодженість оцінок експертів, якщо  $w = 0$ , – говорять про повне розходження думок експертів.

Оцінки об'єктів, які отримані в результаті обробки експертних оцінок, є випадковими величинами. Тому необхідно оцінювати надійність (достовірність, рівень значущості) результатів експертизи. Для визначення рівня значущості використовується так званий критерій згоди Пірсона ( $\chi^2$  – хі – квадрат). Послідовність визначення рівня значущості за цим критерієм полягає в наступному:

Таблиця 2. Матриця рангів для фактора Ф1

Номер експерта, j=(1, K)	Об'єкт дослідження, i=(1, N)							S	U <sub>sj</sub>	U <sub>j</sub>
	Ф1.1	Ф1.2	Ф1.3							
1	1	2,5	2,5					1	2	6
2	1	2	3					0	0	0
3	1	2	3					0	0	0
4	1	3	2					0	0	0
5	1	2	3					0	0	0
6	1	2	3					0	0	0
7	1	2,5	2,5					1	2	6
8	1	2	3					0	0	0
9	1	2	3					0	0	0
10	1	3	2					0	0	0
11	1	2,5	2,5					1	2	6
12	1	2	3					0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	12	27,5	32,5					$\sum U_j = \sum \sum (u_{sj}^3 - u_{sj}) = 18$		
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij} - \bar{r})^2$	144	12,25	72,25					$\bar{r} = (1/N) \sum \sum r_{ij} = 24$		
Загальна варіація, $\sum Q^2 = \sum (\sum r_{ij} - \bar{r})^2 = 228,5$										
Коефіцієнт конкордації, $w = 12 \sum Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \sum U_j) = 0,84$										
Критерій Пірсона, за наявності пов'язаних рангів: $\chi_p^2 = 12 \sum Q_i^2 / (KN(N+1) - \sum U_j(N-1)) = 20,31$										
за відсутності пов'язаних рангів: $\chi_p^2 = K(N-1)w$										

Таблиця 3. Матриця рангів для фактору Ф2

Номер експерта, j=(1, K)	Об'єкт дослідження, i=(1, N)						S	U <sub>sj</sub>	U <sub>j</sub>	
	Ф2.1	Ф2.2	Ф2.3	Ф2.4	Ф2.5					
1	4	5	3	2	1			0	0	0
2	2	5	3,5	3,5	1			1	2	6
3	4	5	2,5	2,5	1			1	2	6
4	3	5	4	2	1			0	0	0
5	3	5	4	2	1			0	0	0
6	4	5	3	2	1			0	0	0
7	3	5	2	4	1			0	0	0
8	3	5	4	2	1			0	0	0
9	3	5	4	2	1			0	0	0
10	3	5	4	2	1			0	0	0
11	3	5	4	2	1			0	0	0
12	3	5	4	2	1			0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	38	60	42	28	12			$\sum U_j = \sum \sum (u_{sj}^3 - u_{sj}) = 12$		
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij} - \bar{r})^2$	4	576	36	64	576			$\bar{r} = (1/N) \sum \sum r_{ij} = 36$		
Загальна варіація, $\sum Q^2 = \sum (\sum r_{ij} - \bar{r})^2 = 1256$										
Коефіцієнт конкордації, $w = 12 \sum Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \sum U_j) = 0,88$										
Критерій Пірсона, за наявності пов'язаних рангів: $\chi_p^2 = 12 \sum Q_i^2 / (KN(N+1) - \sum U_j(N-1)) = 42,22$										
за відсутності пов'язаних рангів: $\chi_p^2 = K(N-1)w$										

Таблиця 4. Матриця рангів для фактора Ф3

Номер експерта, j=(1, K)	Об'єкт дослідження, i=(1, N)							S	U <sub>sj</sub>	U <sub>j</sub>
	Ф3.1	Ф3.2	Ф3.3	Ф3.4	Ф3.5	Ф3.6	Ф3.7			
1	1	2	3	4	5	7	6	0	0	0
2	1	2	3	4,5	4,5	7	6	1	2	6
3	1	2	3	4	5	7	6	0	0	0
4	1	3	2	4	5	7	6	0	0	0
5	1	2	3	4	5	7	6	0	0	0
6	1	3	2	5	4	7	6	0	0	0
7	1	2	3	4	5	7	6	0	0	0
8	1	2	3	4	5	7	6	0	0	0
9	1	2	3	5	4	7	6	0	0	0
10	1	3	2	4,5	4,5	7	6	1	2	6
11	1	2	3	4	5	7	6	0	0	0
12	1	2	3	4	5	7	6	0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	12	27	33	51	57	84	72	$\sum U_j = \sum \sum (u_{sj}^3 - u_{sj}) = 12$		
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij} - \bar{r})^2$	1296	441	225	9	81	1296	576	$\bar{r} = (1/N) \sum \sum r_{ij} = 48$		
Загальна варіація, $\sum Q^2 = \sum (\sum r_{ij} - \bar{r})^2 = 3924$										
Коефіцієнт конкордації, $w = 12 \sum Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \sum U_j) = 0,97$										
Критерій Пірсона, за наявності пов'язаних рангів: $\chi^2_p = 12 \sum Q_i^2 / (KN(N+1) - \sum U_j(N-1)) = 70,28$ за відсутності пов'язаних рангів: $\chi^2_p = K(N-1)w$										

Таблиця 5. Матриця рангів для фактора Ф4

Номер експерта, j=(1, K)	Об'єкт дослідження, i=(1, N)						S	U <sub>sj</sub>	U <sub>j</sub>	
	Ф4.1	Ф4.2	Ф4.3	Ф4.4	Ф4.5					
1	4	5	3	2	1		0	0	0	
2	2	5	3,5	3,5	1		1	2	6	
3	4	5	2,5	2,5	1		1	2	6	
4	3	5	4	2	1		0	0	0	
5	3	5	4	2	1		0	0	0	
6	4	5	3	2	1		0	0	0	
7	3	5	2	4	1		0	0	0	
8	3	5	4	2	1		0	0	0	
9	3	5	4	2	1		0	0	0	
10	3	5	4	2	1		0	0	0	
11	3	5	4	2	1		0	0	0	
12	3	5	4	2	1		0	0	0	
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	38	60	42	28	12		$\sum U_j = \sum \sum (u_{sj}^3 - u_{sj}) = 12$			
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij} - \bar{r})^2$	4	576	36	64	576		$\bar{r} = (1/N) \sum \sum r_{ij} = 36$			
Загальна варіація, $\sum Q^2 = \sum (\sum r_{ij} - \bar{r})^2 = 1256$										
Коефіцієнт конкордації, $w = 12 \sum Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \sum U_j) = 0,88$										
Критерій Пірсона, за наявності пов'язаних рангів: $\chi^2_p = 12 \sum Q_i^2 / (KN(N+1) - \sum U_j(N-1)) = 42,22$ за відсутності пов'язаних рангів: $\chi^2_p = K(N-1)w$										

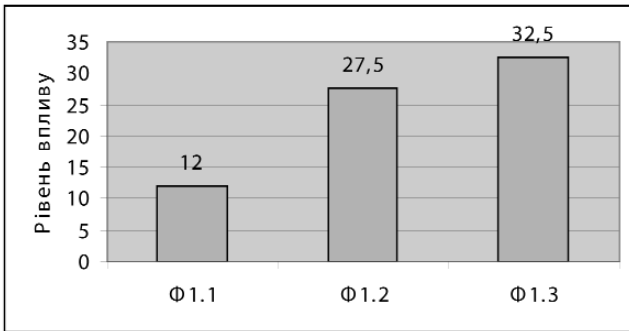
Таблиця 6. Матриця рангів для фактора Ф5

Номер експерта, j=(1, K)	Об'єкт дослідження, i=(1, N)						S	U <sub>sj</sub>	U <sub>j</sub>
	Ф5.1	Ф5.2	Ф5.3	Ф5.4	Ф5.5				
1	4	5	3	2	1		0	0	0
2	2	5	3,5	3,5	1		1	2	6
3	4	5	2,5	2,5	1		1	2	6
4	3	5	4	2	1		0	0	0
5	3	5	4	2	1		0	0	0
6	4	5	3	2	1		0	0	0
7	3	5	2	4	1		0	0	0
8	3	5	4	2	1		0	0	0
9	3	5	4	2	1		0	0	0
10	3	5	4	2	1		0	0	0
11	3	5	4	2	1		0	0	0
12	3	5	4	2	1		0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	38	60	42	28	12		$\sum U_j = \sum \sum (u_{sj}^3 - u_{sj}) = 12$		
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij} - \bar{r})^2$	4	576	36	64	576		$\bar{r} = (1/N) \sum \sum r_{ij} = 36$		
Загальна варіація, $\sum Q^2 = \sum (\sum r_{ij} - \bar{r})^2 = 1256$									
Коефіцієнт конкордації, $w = 12 \sum Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \sum U_j) = 0,88$									
Критерій Пірсона, за наявності пов'язаних рангів: $\chi^2_p = 12 \sum Q_i^2 / (KN(N+1) - \sum U_j(N-1)) = 42,22$									
за відсутності пов'язаних рангів: $\chi^2_p = K(N-1)w$									

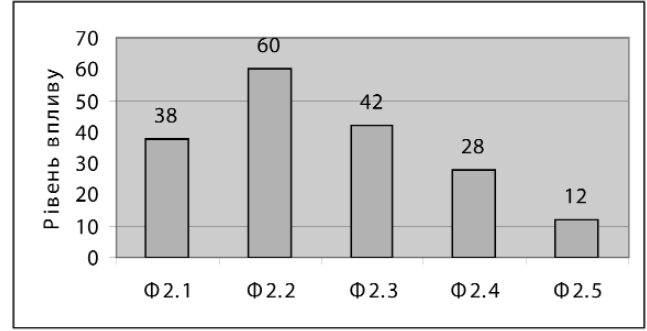
Таблиця 7. Матриця рангів для фактора Ф6

Номер експерта, j=(1, K)	Об'єкт дослідження, i=(1, N)						S	U <sub>sj</sub>	U <sub>j</sub>
	Ф6.1	Ф6.2	Ф6.3	Ф6.4	Ф6.5				
1	1	3	2	5	4		0	0	0
2	1	2	3	4	5		0	0	0
3	1	2	3	4	5		0	0	0
4	1	2	3	5	4		0	0	0
5	1	2	3	5	4		0	0	0
6	1	2	3	5	4		0	0	0
7	1	3	2	4	5		0	0	0
8	1	2	3	4	5		0	0	0
9	1	2	3	5	4		0	0	0
10	1	2	3	5	4		0	0	0
11	1	2	3	5	4		0	0	0
12	1	2	3	5	4		0	0	0
Сума рангів, $\sum r_{ij}$	12	26	34	56	52		$\sum U_j = \sum \sum (u_{sj}^3 - u_{sj}) = 0$		
Квадрат відхилення, $(\sum r_{ij} - \bar{r})^2$	576	100	4	400	256		$\bar{r} = (1/N) \sum \sum r_{ij} = 36$		
Загальна варіація, $\sum Q^2 = \sum (\sum r_{ij} - \bar{r})^2 = 1336$									
Коефіцієнт конкордації, $w = 12 \sum Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \sum U_j) = 0,93$									
Критерій Пірсона, за наявності пов'язаних рангів: $\chi^2_p = 12 \sum Q_i^2 / (KN(N+1) - \sum U_j(N-1))$									
за відсутності пов'язаних рангів: $\chi^2_p = K(N-1)w = 44,53$									

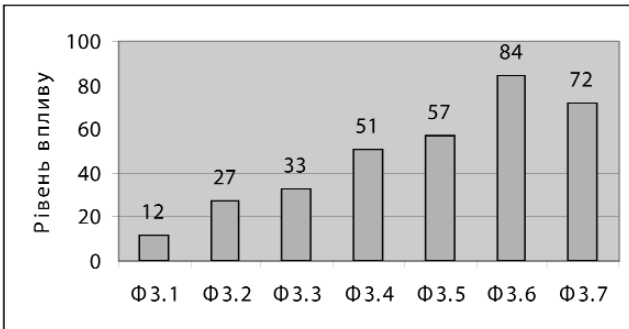




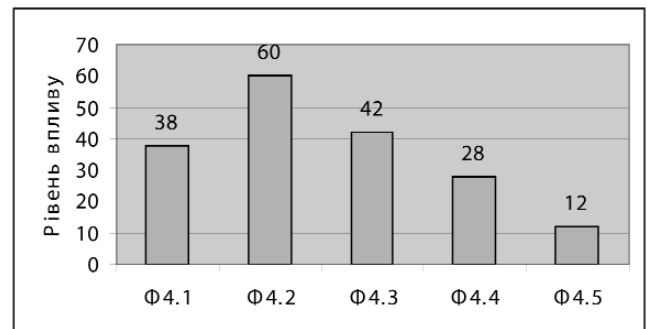
**Рис. 2.** Гістограма ступеня впливу методів моніторингу на технічний стан будівлі для фактора впливу Φ1



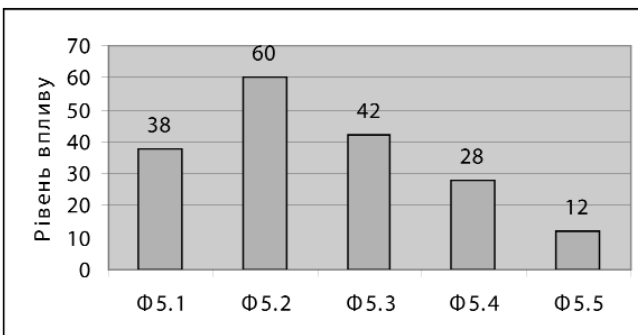
**Рис. 3.** Гістограма ступеня впливу методів моніторингу на технічний стан будівлі для фактора впливу Φ2



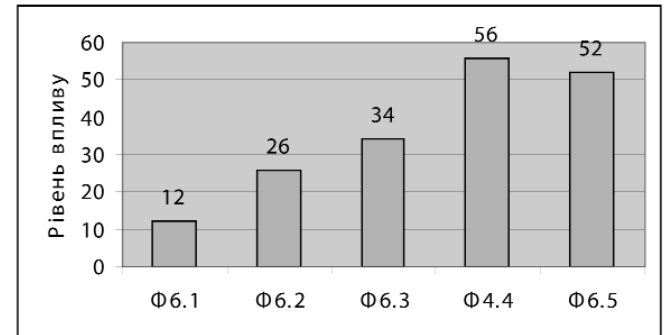
**Рис. 4.** Гістограма ступеня впливу методів моніторингу на технічний стан будівлі для фактора впливу Φ3



**Рис. 5.** Гістограма ступеня впливу методів моніторингу на технічний стан будівлі для фактора впливу Φ4



**Рис. 6.** Гістограма ступеня впливу методів моніторингу на технічний стан будівлі для фактора впливу Φ5



**Рис. 7.** Гістограма ступеня впливу методів моніторингу на технічний стан будівлі для фактора впливу Φ6

розраховується значення за формулою:  
за наявності пов'язаних рангів:

$$\chi^2_p = 12 \sum Q^2_j / (KN)(N+1) - \sum U_j / (N-1), \quad (3)$$

за відсутності пов'язаних рангів:

$$\chi^2_p = K(N-1)w. \quad (4)$$

Розрахований критерій  $\chi^2_p$  порівнюється з теоретичним значенням критерію Пірсона  $\chi^2_{1-a}(m)$ , який береться з таблиці 2.2а [9] для заданого числа ступенів свободи ( $m = N - 1$ ) і рівня значущості  $a = 0,05$ .

Якщо розраховане значення критерію Пірсона більше за теоретичне,  $\chi^2_p > \chi^2_{1-a}(m)$ , то гіпотеза про наявність узгодженості в оцінках експертів не відкидалась з прийнятим рівнем значущості  $a$  і цей показник вважається значимим, а група експертів репрезентативною.

Коефіцієнт конкордації для всіх факторів Φ1 – Φ6 лежить в межах від 0,84 до 0,97, що говорить про досить високу узгодженість оцінок експертів.

Теоретичне значення критерію Пірсона складає:

- для фактора Ф1 –  $\chi^2_{1-a}(3-1) = 0,103 < 20,31$ ;
- для фактора Ф2 –  $\chi^2_{1-a}(5-1) = 0,711 < 42,22$ ;
- для фактора Ф3 –  $\chi^2_{1-a}(7-1) = 1,635 < 70,28$ ;
- для фактора Ф4 –  $\chi^2_{1-a}(5-1) = 0,711 < 42,22$ ;
- для фактора Ф5 –  $\chi^2_{1-a}(5-1) = 0,711 < 42,22$ ;
- для фактору Ф6 –  $\chi^2_{1-a}(5-1) = 0,711 < 44,53$ .

Таким чином, для рівня значущості  $a = 0,05$  для всіх факторів виконується умова, що розраховане значення критерію Пірсона більше за теоретичне ( $\chi^2_p > \chi^2_{1-a}(m)$ ), тобто гіпотеза про наявність узгодженості в оцінках експертів не відкидалась, а група експертів вважається репрезентативною.

Гістограми ступеня впливу методів моніторингу на технічний стан будівлі, на узгоджену думку експертів, наведено на рис. 2 – 7.

Представлені гістограми характеризують вплив методів моніторингу на визначення технічного стану будівель з точки зору експертів, які у своїх висновках враховували свій досвід, можливість одержання результатів моніторингу своєчасно з достатньою точністю. Проте у цих висновках не враховуються економічні та деякі технічні показники. На застосування тих чи інших засобів моніторингу має велике значення вартість цих засобів з врахуванням залишкової вартості будівлі та можливої наявності таких засобів у виконавця робіт. Однак розгляд цих факторів виходить за рамки цієї статті.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григоровський П.Є., Кослап П.О., Чуканова Н.П. Вибір будівельних конструкцій, які дають найбільший вплив на довговічність старої будівлі в разі раптових пошкоджень.
2. Райхман Э.П., Азгольдов Г.Г. Экспертные методы в оценке качества товаров. — М.: Экономика, 1974. — 151 с.
3. Литвак Б.Г. Экспертная оценка и принятие решений. — М.: Патент, 1996. - 271 с.
4. Ремнев В.В., Морозов А.С., Тонких Г.П. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2005. — 196 с.
5. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий.

6. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980. - 263 с.

7. Евланов Л. Г. Экспертные оценки в управлении / Л. Г. Евланов, В. А. Кутузов. - М.: Экономика, 1978. - 133 с.

8. Павлов А.Н., Соколов Б.В. Методы обработки экспертной информации: /учебно-метод. пособие/ ГУАП. СПб., 2005. 42 с.

9. Таблицы математической статистики. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. - 416 с.

#### АННОТАЦИЯ

В статье сделана попытка рационального выбора методов мониторинга технического состояния жилых зданий старой постройки. Определены возможные дефекты строительных конструкций, их возможные причины и возможные средства устранения.

Оценка степени влияния методов мониторинга выполнена методом экспертной оценки. В статье приведены таблицы анкет экспертного опроса. Приведены гистограммы степени влияния методов мониторинга. Достоверность полученных данных подтверждается с помощью критерия Пирсона.

Ключевые слова: экспертный опрос, критерий Пирсона, метод мониторинга, ранжирование, срок жизни зданий.

#### ANNOTATION

The paper attempts a rational choice of methods for monitoring the technical condition of residential buildings of the old buildings. The possible structural defects and their possible causes and possible means of addressing.

Assessment of the influence of methods of monitoring carried out by peer review. This paper presents tables of the expert survey questionnaires. Shows histograms of the degree of influence of monitoring methods. The reliability of the data is confirmed by Pearson.

Keywords: expert poll, Pearson's criterion, monitoring method, ranging, term of life of buildings.