

АННОТАЦИЯ

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

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

ANNOTATION

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

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

УДК 624.131.2

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

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

АНОТАЦІЯ

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

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

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

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

Таблиця 1. Характерні дефекти фундаментів та ґрунтових основ

Конст-рукція	Група факторів (види пошкодження)	Підгрупа факторів (види моніторингу)
Ф - Фундаменти та ґрунтові основи	Ф1 – Просідання фундаменту	Ф1.1 Автоматичне нівелювання роботизованим тахеометром (система MONMOS)
		Ф1.2 Гідростатичне нівелювання за допомогою системи DSM чи ASW 2000
		Ф1.3 Геодезичне нівелювання тахеометром
		Ф1.4 Геодезичне нівелювання нівеліром
	Ф2 – Зміна стану ґрунтів	Ф2.1 Проходження шурфів
		Ф2.2 Буріння свердловин з визначенням рівня підземних вод
		Ф2.3 Статичне зондування ґрунтів
		Ф2.4 Динамічне зондування ґрунтів
		Ф2.5 Випробування ґрунтів пресіометрами (статичним навантаженням)
		Ф2.6 Випробування ґрунтів геофізичними методами
	Ф3 – Поява тріщин	Ф3.1 Візуальний огляд
		Ф3.2 Використання маяків та цілемірів
		Ф3.3 Вимірювання міцності цегляних та кам'яних конструкцій

У цій статті розглянуто вибір методу моніторингу з врахуванням точності вимірювання, вартості процесу вимірювання та терміну одержання результату вимірювання (своєчасності одержання результату). Для вибору методу використовується метод прийняття рішень з використанням функцій корисності [2, 3].

У результаті дослідження [3] встановлено, що найбільший вплив на технічний стан будівлі мають фундаменти та несучі стіни. Їх пошкодження найбільш впливають на стан всієї будівлі.

Таблиця 2. Критерії методів моніторингу

Ф1	К1 Точність виконання вимірювань, мм
	К2 Вартість виконання робіт, тис. грн
	К3 Своєчасність отримання результатів, днів

Таблиця 3. Точність вимірювання

Вид моніторингу	Точність, мм	Примітка
Ф1.1	1,0	Точність вказана при автоматичному вимірюванні
Ф1.2	0,5	Точність вказана з врахуванням впливу температури
Ф1.3	0,5	Те саме
Ф1.4	1,0	Те саме

У цій статті розглядається вибір виду моніторингу просідання фундаменту будівель та споруд. Можливі методи моніторингу (підгрупи факторів) представлені в таблиці 1. Критеріями для вибору є точність проведення вимірювання, вартість його проведення та своєчасність (термін) одержання результату вимірювання (таблиця 2).

Точність вимірювання цими методами представлена в таблиці 3.

Гідростатичне нівелювання виконується безперервно, тому своєчасність залежить тільки від періодичності зчитування результату (в даному випадку – один день). Тахеометр системи Ф1.1 може бути встановлений стаціонарно, але для повноцінного моніторингу повинно бути як мінімум два тахеометри для фіксації просідання всього периметра будинку або його потрібно переставляти, тому своєчасність результату така, як і для звичайних геодезичних методів і залежить від періодичності вимірювання (таблиця 4).

Вартість виконання робіт з моніторингу просідання фундаменту включає:

- амортизаційні витрати на місяць (термін самоокупності приладу прийнято 10 років);
- вартість монтажу системи та підготовки до вимірювань;
- вартість циклу вимірювань.

У таблиці 5 наведені прийняті значення вартості для всіх варіантів моніторингу. Значення вартості робіт визначено для трьох варіантів виконання робіт: 1 місяць; 6 місяців; 12 місяців (один рік).

Для побудови функцій корисності заповнимо таблицю 6 значеннями параметрів для всіх видів моніторингу (вказаних вище) та різних зовнішніх

умов. Під зовнішніми умовами в даному випадку розуміємо термін виконання моніторингу (1, 6, 12 місяців).

Під функціями корисності (зустрічаються також назви — цінності, важливості) розуміють функцію, що описує залежність корисності альтернатив від оцінок цих альтернатив. Міри корисності приймають своє значення в діапазоні від 0 до

Таблиця 4. Своєчасність (термін) отримання результатів

Вид моніторингу	Своєчасність отримання результату, днів	Примітка
Ф1.1	1..30	Система встановлена стаціонарно. Вимірювання проводяться автоматично, починаються вимірювання за командою оператора. Своєчасність залежить від періодичності проведення вимірювань.
Ф1.2	1	Система встановлена стаціонарно. Безперервне вимірювання. Своєчасність залежить від періодичності зчитування результату.
Ф1.3	1..30	Своєчасність залежить від періодичності проведення вимірювань.
Ф1.4	1..30	

Таблиця 5. Вартість виконання робіт

Статті витрат	Вартість, грн			
	Ф1.1	Ф1.2	Ф1.3	Ф1.4
<i>Амортизаційні витрати</i>				
<i>Вартість системи, грн</i>	200000	80000	100000	5000
<i>Амортизаційні витрати на 1 місяць при терміні експлуатації 10 років</i>	1700	670	840	42
<i>Вартість монтажу системи</i>				
<i>Вартість допоміжного обладнання та матеріалів</i>	500	300	300	100
<i>Вартість винесення опорної точки</i>	350	350	350	350
<i>Вартість монтажу допоміжного обладнання</i>	600	1200	400	200
<i>Вартість циклу вимірювання</i>	100	50	200	350
<i>Всього на один місяць (вимірювання один раз на місяць)</i>	3250	4020	2090	1042
<i>Всього на один місяць (вимірювання один раз на тиждень – 4 рази на місяць)</i>	3550	4020	2690	2092
<i>Всього на один місяць (вимірювання кожен день – 30 разів на місяць)</i>	6150	4020	7890	11192
<i>Всього на шість місяців (вимірювання один раз на місяць)</i>	12250	14870	7290	3002
<i>Всього на шість місяців (вимірювання один раз на тиждень – 4 рази на місяць)</i>	14050	14870	10890	9302
<i>Всього на шість місяців (вимірювання кожен день – 30 разів на місяць)</i>	29650	14870	42090	63902
<i>Всього на рік (вимірювання один раз на місяць)</i>	23050	27890	13530	5354
<i>Всього на рік (вимірювання один раз на тиждень – 4 рази на місяць)</i>	26650	27890	20730	17954
<i>Всього на рік (вимірювання кожен день – 30 разів на місяць)</i>	37850	27890	83130	127154

1 (чим краща альтернатива, тим вища її міра корисності). Сама функція корисності (найпростіша лінійна) будується як лінійна залежність в діапазоні від 1 до 0 в межах від найбільш бажаного до найменш бажаного значень. Значення функції при значеннях оцінок альтернатив вищих (менших або більших) ніж найбільш бажані, дорівнює одиниці. Значення функції при значеннях оцінок альтернатив, гірших ніж найменш бажане значення, менше нуля та підсилюється штрафним коефіцієнтом 10. Від'ємні значення функції вказують на неможливість застосування такого варіанту моніторингу. У таблиці 7 наведені найбільш та найменш бажані значення кожного з критеріїв. Ці величини визначені методом експертної оцінки і звичайно є досить суб'єктивними.

Лінійна функція корисності має вигляд:

$$1, X_{ij} < X_i^{vsn}$$

$$P_{ij} = \left\{ \frac{X_i^{\max} - X_{ij}}{X_i^{\max} - X_i^{\min}}, X_i^{\min} \leq X_{ij} \leq X_i^{\max} \right. \quad (1)$$

$$\left. S \cdot \left(\frac{X_i^{\max} - X_{ij}}{X_i^{\max} - X_i^{\min}} \right), X_{ij} < X_i^{\min} \right\},$$

де X_{ij} — оцінка j -го об'єкта по i -му критерію;

$X_i^{\max}$, $X_i^{\min}$ — найбільш та найменш бажане значення i -го критерію;

S — штрафний коефіцієнт (використовується для оцінок, які гірші ніж найменш бажане значення ($S = 5 \dots 10$);

P_{ij} — міра корисності j -ї альтернативи по i -му критерію.

Таблиця 6. Оцінки параметрів видів моніторингу

Види моніторингу	Зовнішні умови		Ф1.1 Монмос	Ф1.2 DSM	Ф1.4 Тахео- метр	Ф1.5 Теодоліт
	Термін виконання робіт, міс.	Періодичність виконання робіт, раз/міс				
К1 Точність виконання вимірювань, мм	—		1,0	0,5	0,5	1,0
К2 Вартість виконання робіт, грн./міс	1	1	3250	4020	2090	1042
		4	3550	4020	2690	2092
	6	30	6150	4020	7890	11192
		6	12250	14870	7290	3002
		24	14050	14870	10890	9302
	12	180	29650	14870	42090	63902
		12	23050	27890	13530	5354
		48	26650	27890	20730	17954
	К3 Своєчасність отримання результатів, днів	1	360	37850	27890	83130
1			30	1	30	30
4			7	1	7	7
6		30	1	1	1	1
		6	30	1	30	30
		24	7	1	7	7
12		180	1	1	1	1
		12	30	1	30	30
		48	7	1	7	7
		360	1	1	1	1

Таблиця 7. Найбільш та найменш бажані значення критеріїв

Значення	Термін виконання вимірювань, міс.	K1 Точність виконання вимірювань, мм	K2 Вартість виконання робіт, грн./ міс	K3 Своєчасність отримання результатів, днів
Найбільш бажане	-	0,5	1000	1
Найменш бажане	1	2,0	10000	10
	6	2,0	30000	10
	12	2,0	60000	10

Таким чином, функції корисності для наших критеріїв мають вигляд:

– для критерію K1:

$$1, X_{1j} < 0,5$$

$$P_{1j} = \left\{ \frac{2,0 - X_{1j}}{2,0 - 0,5}, 0,5 \leq X_{1j} \leq 2,0 \right.$$

$$\left. 10 \cdot \left(\frac{2,0 - X_{1j}}{2,0 - 0,5} \right), X_{1j} > 2,0; \right.$$

– для критерію K2:

$$1, X_{2j} < 1000$$

$$P_{2j} = \left\{ \frac{10000 - X_{2j}}{10000 - 1000}, 1000 \leq X_{2j} \leq 10000 \right.$$

$$\left. 10 \cdot \left(\frac{10000 - X_{2j}}{10000 - 1000} \right), X_{2j} > 10000; \right.$$

– для критерію K3:

$$1, X_{3j} < 1$$

$$P_{3j} = \left\{ \frac{10 - X_{3j}}{10 - 1}, 1 \leq X_{3j} \leq 10 \right.$$

$$\left. 10 \cdot \left(\frac{10 - X_{3j}}{10 - 1} \right), X_{3j} > 10, \right.$$

Функція корисності для критерію K2 наведена для терміну виконання робіт 1 місяць ($X_i^{max}=1000$). При більшому терміні виконання робіт X_i^{max} відповідно збільшується.

Графіки функцій корисності представлені на рисунках 1, 2, 3.

З допомогою методу експертних оцінок (методу парних порівнянь) визначимо вагу (коефіцієнти важливості) критеріїв.

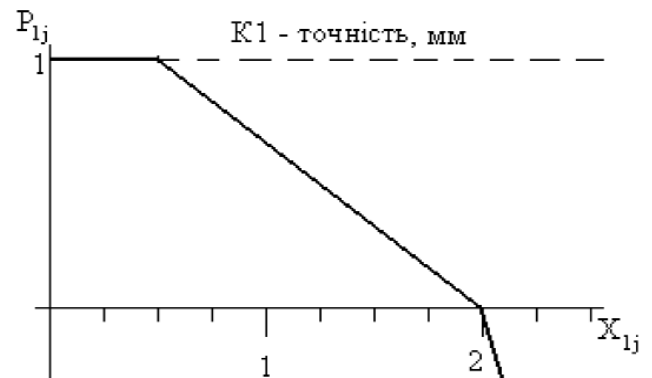


Рис. 1. Функція корисності для критерію K1 – точність виконання вимірювань

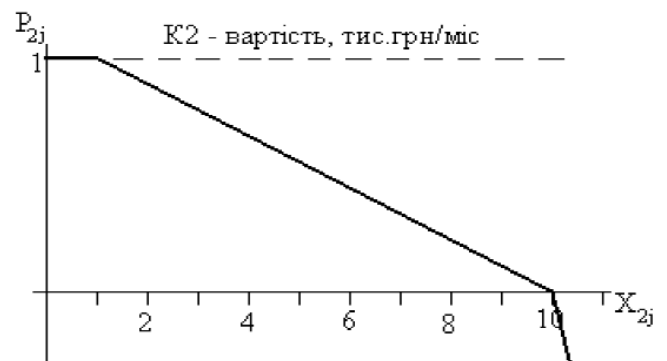


Рис. 2. Функція корисності для критерію K2 – вартість виконання робіт

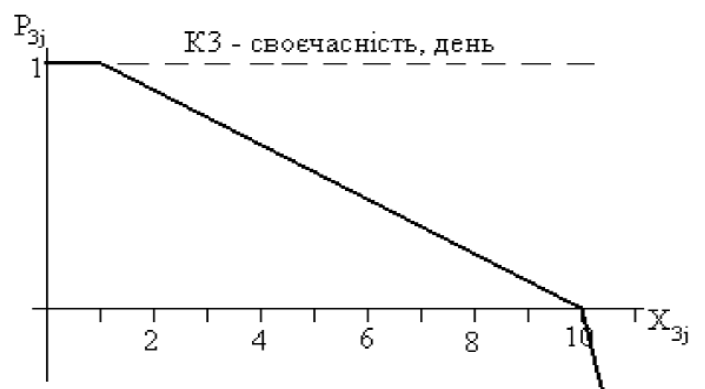


Рис. 3. Функція корисності для критерію K3 – своєчасність отримання результатів

Кількісні судження про пари об'єктів (O_i, O_j) представляються у вигляді матриці $A=[a_{ij}]$, $i, j=1, \dots, n$,

де a_{ij} – кількісна оцінка переваги об'єкта;

i, j – номери рядків та стовпців у матриці порівняння;

n – число об'єктів.

Елементи визначаються за наступними правилами:

– якщо $a_{ij}=a$, то $a_{ji}=1/a$;

– якщо судження i та j мають однакову важливість, то $a_{ij}=a_{ji}=1$

Тобто матриця парних порівнянь у нашому випадку має вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & 1 & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Одержана матриця парних порівнянь представлена в таблиці 8. При визначенні матриці прийнято, що своєчасність отримання результату має найбільшу важливість, бо це сприяє своєчасному прийняттю рішення про вжиття заходів у разі виникнення загрози пошкодження будівлі. Враховуючи, що точність виконання вимірювань для всіх параметрів задовольняє умовам, то вартість виконання робіт має більш важливе значення ніж точність. Тобто, на думку експертів, найбільш важливим є своєчасність отримання результатів, потім – вартість виконання робіт і найменш вагомий критерій – точність виконання вимірювань.

Вагові коефіцієнти визначимо за формулою

Таблиця 8. Матриця парних порівнянь

	K1	K2	K3
K1	1	0,67	0,33
K2	1,5	1	0,67
K3	3	1,5	1

$$\lambda_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \quad (3)$$

$$\lambda_1 = 1,26; \lambda_2 = 1,47; \lambda_3 = 1,73.$$

Нормалізовані значення вагових коефіцієнтів визначаються за формулою:

$$V_i = \lambda_i^{norm} = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^n \lambda_j}. \quad (4)$$

Таким чином, нормалізовані вагові коефіцієнти критеріїв складають:

$$V_1=0,28; V_2=0,33; V_3=0,39.$$

Розглянемо порівняння альтернатив для першого варіанту зовнішніх умов – термін виконання робіт один місяць, періодичність виконання робіт – одне вимірювання на місяць для звичайних геодезичних методів ($\mu=1$). Система гідростационарного моніторингу вимірює безперервно і термін вимірювання визначається терміном зчитування результату (1 раз на день).

Для визначення ваги критеріїв застосуємо метод комплексної оцінки [2].

Знайдемо середні оцінки по кожному критерію:

$$X_i^\mu = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{ij}^\mu, \quad i=1, \dots, M, \quad (5)$$

де M – кількість критеріїв;

N – кількість альтернатив;

X_{ij}^μ – оцінки альтернатив.

Для першого варіанту зовнішніх умов (термін вимірювання 1 місяць, вимірювання один раз на місяць) маємо: $X_1^1=0,75$; $X_1^2=2600$; $X_1^3=22,75$.

Визначимо величину розбіжності за цим критерієм:

$$R_i^\lambda = \frac{1}{NX_i^\lambda} \sum_{j=1}^N |X_{ij}^\lambda - X_i^\lambda|, \quad i=1, \dots, M. \quad (6)$$

У даному випадку

$$R_1^1=0,33, R_2^1=0,40, R_3^1=0,48.$$

Сума величин розбіжностей визначається з

$$R^\lambda = \sum_{i=1}^M R_i^\lambda$$

і складає $R^1=1,21$, а вага критеріїв, що відображає діапазон оцінок, визначається з

$$Z_i^\lambda = \frac{R_i^\lambda}{R^\lambda}, \quad i=1, \dots, M$$

і в цьому випадку складають:

$$Z_1^1=0,27; Z_2^1=0,33; Z_3^1=0,40.$$

Знайдемо усереднену вагу критеріїв, яка враховує як думку експертів, так і діапазон розбіжностей оцінок критеріїв:

$$W_i^\lambda = a \cdot V_i + b \cdot Z_i^\lambda, \quad i=1, \dots, M,$$

де a та b – коефіцієнти довіри до ваги важливості критеріїв з точки зору експертів (V_i) та ваги, одержаної з діапазону розбіжностей оцінок (Z_i^λ).

Діапазон значень коефіцієнтів a та b приймають в залежності від того, які оцінки ваги критеріїв (вказані експертами чи знайдені на основі

розбіжності оцінок) потрібно враховувати у першу чергу. Для коефіцієнтів повинна виконуватись умова $a+b=1$. Звичайно використовують значення $a=b=0,5$.

У нашому випадку: $W_1^1=0,28$; $W_2^1=0,33$; $W_3^1=0,39$.

За функціями корисності (рисунок 1) знайдемо міри корисності альтернатив по кожному з критеріїв для варіанту ($\lambda=1$) зовнішніх умов:

$$P_{ij}^{\lambda}, \quad i=1,...,M, \quad j=1,...,N. \quad (7)$$

Міри корисності для першого варіанту зовнішніх умов наведені в таблиці 9.

Таблиця 9. Міри корисності для першого варіанту зовнішніх умов

	<i>O1</i>	<i>O2</i>	<i>O3</i>	<i>O4</i>
<i>K1</i>	0,67	1	1	0,67
<i>K2</i>	0,75	0,66	0,88	1,0
<i>K3</i>	-22,22	1	-22,2	-22,2

Наприклад, міра корисності P_{11}^1 (міра корисності альтернативи O_1 за критерієм "К1 — точність виконання вимірювань" для першого варіанту зовнішніх умов) складає $P_{11}^1=2,0-1,0/2,0-0,5=0,67$.

Міра корисності O_3 альтернативи за критерієм "К3 — своєчасність отримання результатів" — знаходиться наступним чином:

$$P_{33}^1=10 \cdot (10-30/10-1)=-22,2,$$

де 10 — штрафний коефіцієнт, бо оцінка альтернативи (30) гірша ніж вказане експертом найменш бажане значення (10).

Знайдемо узагальнені міри корисності альтернатив для першого варіанту зовнішніх умов, які враховують міри корисності по кожному з критеріїв та оцінки ваги критеріїв:

$$Q_j^{\lambda} = \sum_{i=1}^M W_i^{\lambda} P_{ij}^{\lambda}, \quad j=1,...,N. \quad (8)$$

У даному разі узагальнені міри корисності дорівнюють:

$$Q_1^1=0,2 \cdot 0,21+0,13 \cdot 0,28+0 \cdot 0,51=8,23;$$

$$Q_2^1=0 \cdot 0,21+0,13 \cdot 0,28+0 \cdot 0,51=0,89;$$

$$Q_3^1=0,2 \cdot 0,21+(-0,06) \cdot 0,28+(-22,2) \cdot 0,51=-8,09;$$

$$Q_4^1=0,75 \cdot 0,21+(-0,04) \cdot 0,28+(-22,2) \cdot 0,51=-8,15.$$

Аналогічно проводиться підрахунок для всіх зовнішніх умов. Узагальнені міри корисності наведені в таблицях 10, 11, 12 для терміну вимірюван-

ня 1, 6, 12 місяців відповідно. В рядках V1, V2 V3 наведені міри корисності для періоду вимірювання один раз на місяць, один раз на тиждень та кожен день.

Таблиця 10. Узагальнені міри корисності для терміну виконання вимірювань один місяць

	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>Л4</i>
<i>V1</i>	-8,23	0,89	-8,09	-8,14
<i>V2</i>	0,54	0,89	0,67	0,59
<i>V3</i>	0,63	0,85	0,68	-0,07

Таблиця 11. Узагальнені міри для терміну виконання вимірювань шість місяців

	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>Л4</i>
<i>V1</i>	-8,05	0,83	-7,91	-7,94
<i>V2</i>	0,49	0,87	0,63	0,54
<i>V3</i>	0,44	0,79	0,43	-4,71

Таблиця 12. Узагальнені міри для терміну виконання вимірювань один рік (12 місяців)

	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>Л4</i>
<i>V1</i>	-8,05	0,83	-7,90	-7,94
<i>V2</i>	0,50	0,88	0,63	0,54
<i>V3</i>	0,66	0,89	0,69	0,15

У підсумкових таблицях величини міри корисності характеризують корисність (цінність) методів моніторингу з врахуванням як економічних показників, так і технічних. Чим більше значення міри корисності, тим більш доцільно застосовувати даний метод моніторингу. Від'ємні значення в таблиці вказують на недоцільність використання таких методів моніторингу при даних зовнішніх умовах.

При прийнятих значеннях оцінки параметрів методів моніторингу за всіх зовнішніх умов доцільно використовувати гідростатичне нівелювання.

Аналогічним методом можна визначити і інші варіанти моніторингу не тільки для фундаментів, але й для несучих стін, покрівлі тощо.

Таким чином, використання функцій корисності дозволяє вибрати більш раціональні методи моніторингу технічного стану конструкцій будинків з врахуванням точності та своєчасності одержання результатів моніторингу та вартості системи ніж це дозволяють методи експертної оцінки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Григоровський П.Є., Чуканова Н.П. Вибір раціональних методів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій.
2. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ./Под ред. И.Ф.Шахнова.- М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.
3. Григоровський П.Є., Чуканова Н.П. Методика експертної оцінки ступеня впливу конструктивних елементів будівель на їх технічний стан при виборі варіанту моніторингу. // Будівельне виробництво. К.: НДІБВ, 2012. — №53.
4. Литвак Б.Г. Экспертная оценка и принятие решений. — М.: Патент, 1996. — 271 с.

АННОТАЦІЯ

В статье сделана попытка выбора системы мониторинга технического состояния фундамента здания с учетом точности измерения, стоимости процесса измерения и срока получения результата измерения (своевременности получения результата). Для анализа рациональности выбора системы мониторинга используются функции полезности для точности выполнения измерений, стоимости выполнения работ и своевременности получения результатов мониторинга. В статье сделан вывод, что функции полезности позволяют более рационально выбирать систему мониторинга чем это позволяют методы экспертной оценки.

Ключевые слова: дефекты фундамента, критерии методов мониторинга, метод мониторинга, мера полезности альтернативы, функция полезности.

ANNOTATION

In the article the done attempt of choice of the system of monitoring of the technical state of building foundation is taking into account exactness of measuring, cost of process of measuring and term of receipt of measuring (to the timeliness of receipt of result) result. For the analysis of rationality elections of the monitoring system are used to the function of utility for exactness of implementation of measuring, cost of implementation of works from monitoring and timeliness of receipt of monitoring results. In the article drawn conclusion, that the functions of utility allow more rationally to choose the monitoring systems.

Keywords: defects of foundation, criteria of monitoring methods, monitoring method, measure of utility of alternative, function of utility.

УДК 624.014

**В.П. Чичулін, к.т.н., доцент,
К.В. Чичуліна, к.т.н.,
ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, м. Полтава.**

МЕЖА ЗАСТОСУВАННЯ ФОРМУЛИ ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ВІДМОВИ ОБ'ЄКТА З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРА ЧАСУ

АННОТАЦІЯ

Вирішується питання щодо визначення межі допустимих співвідношень навантаження і міцності для отримання імовірності відмови з урахуванням параметра часу роботи об'єкта.

Ключові слова: імовірність відмови, параметр часу, характеристика безпеки.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку імовірнісних методів розрахунку будівельних об'єктів існує потреба при визначенні їх надійності врахування різних чинників, що впливають на їх роботу: врахування частоти виникнення граничних навантажень, поведінки конструкцій у часі з урахуванням ступеня завантаження.

Аналіз останніх досліджень. Протягом багатьох років науковці різних країн займаються дослідженнями, пов'язаними з теорією надійності будівельних конструкцій. Головною причиною її появи вважають потребу в практиці, що являє собою закономірний та історично необхідний процес. Зокрема, проблемою вдосконалення імовірнісних методів розрахунку будівельних конструкцій займався в свій час О.Р. Ржаніцин [1]. На новий рівень підняли теорію надійності та метод розрахунку за граничними станами широко відомі роботи В.В. Болотіна [2], в яких підкреслюється велика значимість теорії надійності в проектуванні та розрахунках будівельних конструкцій. В його роботах розвинуті у спеціальний розділ будівельної механіки — статистичну динаміку — імовірнісний розрахунок конструкцій з врахуванням фактора часу. Під його керівництвом розроблено та впроваджено у 1990 році ГОСТ 27.002-89 "Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения", який дає методологічні основи єдиного підходу до питань надійності в різних областях техніки, зокрема, у будівництві.