

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ
ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ**

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни: «Інтелектуальні інформаційні системи та технології
діагностики технічного стану будівель»

Виконав студент IV-го курсу групи ІСТ-41
Спеціальності 126. «Інформаційні системи та технології»

Терентьєва О.О.

Керівник: д.т.н., професор Терентьєв О.О.

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Київ – 2020 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Розділ 1. Моделі та методи формування експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівель	5
Розділ 2. Інтегровані моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів системи діагностики технічного стану будівель	13
Розділ 3 Дослідження ланцюгів логічного виведення роботи експертної системи діагностики технічного стану будівель	24
Список літератури	36

ВСТУП

Більшість будівель, що експлуатуються мають дефекти та пошкодження конструкцій. У зв'язку з цим виникає завдання їх обстеження для встановлення технічного стану, діагностування та прийняття рішень з відновлення, реконструкції чи ліквідації.

Обстеження виконують візуально та з використанням інструментальних методів. Оптимізацію методів обстеження та прийняття рішень з відновлення експлуатаційних властивостей будівель виконують на підставі їх техніко-економічного аналізу. При цьому значний вплив на ефективність прийнятих заходів має обсяг і якість отриманої інформації, точність та періодичність вимірювань, вартість необхідних засобів вимірювання, тривалість спостережень, тощо.

Рекомендації щодо подальшої експлуатації будівлі надають експерти з різним досвідом роботи, що передбачає суб'єктивність прийнятих рішень. Підвищити їх якість та об'єктивність можливо за рахунок використання інформаційних технологій.

Оцінка технічного стану будівель є одна з найбільш складних задач на ринку інтелектуальних систем оцінки і прийняття рішень. Складність полягає у великій кількості чинників, що впливають на оцінку, які досить складно формалізувати. Як правило задача оцінки технічного стану будівель вирішується експертами, що користуються лінійними методами статистичного аналізу.

Підвищенню ефективності процесу обстеження, зниженню ступеню ризику прийняття необ'єктивних рішень сприяло б інформаційне забезпечення, що дозволить вирішувати питання з обробки матеріалів обстеження. Звісно, кінцеве рішення прийматимуть фахівці, але наявність інформаційної системи управління, пошуку та обробки інформації, баз даних з методик обстежень, нормативів і стандартів, підвищить фаховий рівень прийняття таких рішень. Однак, залишається невирішеним ряд задач:

- відсутність єдиної державної інформаційної системи діагностики технічного стану будівель;
- відсутність методичних підходів до створення інформаційної системи діагностики технічного стану;
- відсутність єдиної інформаційної бази даних, що дала б можливість порівнювати результати обстежень, спостерігати динаміку старіння будівель, систематизувати висновки про їх стан.

Забезпечення довготривалої експлуатації будівель за рахунок використання моделей та методів системи діагностики їх технічного стану є актуальною техніко-економічною проблемою, що потребує застосування ефективних рішень на всіх етапах їх життєвого циклу.

РОЗДІЛ 1 МОДЕЛІ, МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

1.1 Моделі і методи формування експертної оцінки системи діагностики технічного стану конструкцій будівель

Одним з напрямків, що базуються на експертній обробці даних, в реалізації комплексу задач по безпечній експлуатації конструкцій будівель є побудова моделей та методів формування експертної оцінки системи діагностики технічного стану. Перевага цього підходу полягає в задачі створення системи діагностики технічного стану конструкцій будівель; дослідженні інтелектуальної технології при реалізації інформаційної системи управління обстеження та діагностики технічного стану; проведення досліджень експертних систем.

В зв'язку з цим розглянемо підхід експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд. При такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках та співставлення результатів заданими спочатку. Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації і створення нормальних умов перебування обслуговуючого персоналу, враховуючи результати обстеження.

При побудові експертної оцінки формується експертна група, яка після проведення попереднього огляду та визначення необхідних обсягів робіт визначають дефекти та пошкодження конструктивних елементів споруди.

Метод формування експертної оцінки при обстеженні технічного стану конструкцій будівель (етапи):

1. Формування ознак пошкоджень (ранжування) – (m) .
2. Формування експертної групи:
 - призначається кількість експертів (h) ;
 - в залежності від відповідей експертів формується матриця-рядок по кожній j -тій ознаці пошкодження:

$$Y_j = |a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{hj}| \quad (1.1);$$

- знаходиться середнє значення оцінок групи по j -той ознаці пошкодження:

$$A_j = (\sum_{t=1}^h a_{tj})/h \quad (1.2);$$

- визначається відхилення оцінки кожного експерта від середнього значення оцінок групи по всім j -тим ознакам пошкодження $\Delta_{tj} = |a_{tj} - A_j|$, в результаті формується матриця відхилень:

$$D = ||D_j|| = \left\| \begin{array}{cccc} \Delta_{11} & \Delta_{21} & \dots & \Delta_{h1} \\ \Delta_{12} & \Delta_{22} & \dots & \Delta_{h2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta_{1m} & \Delta_{2m} & \dots & \Delta_{hm} \end{array} \right\| \quad (1.3);$$

- знаходиться середнє відхилення оцінок кожного експерта за всіма ознакам пошкодження від середнього значення оцінок групи:

$$\bar{\Delta} = \left(\sum_{j=1}^m \bar{\Delta} \right) / m \quad (1.4);$$

в результаті отримана матриця-рядок:

$$\bar{D} = |\bar{\Delta}_1, \bar{\Delta}_2, \dots, \bar{\Delta}_h| \quad (1.5);$$

- експерти нумеруються за ступенем віддаленості їх оцінок від середнього значення оцінок групи. В підсумку встановлюється кортеж компетентності експертів:

$$\bar{D}^* = |\bar{\Delta}_1^*, \bar{\Delta}_2^*, \dots, \bar{\Delta}_h^*| \quad (1.6);$$

- визначається середнє значення коефіцієнта впевненості.

Коефіцієнт впевненості визначається в залежності від ознак фізичного зношення та правил оцінки технічного стану конструктивних елементів будівлі, як правило, приймається рівним 0,5 ($F=0,5$). При $F < 0,5$ експертну групу

переформовуюють шляхом виключення із списку останніх номерів експертів, в яких спостерігається різке відхилення відповідей від середньої думки групи.

3. Формування правил роботи експертної групи (табл. 1.1):

- впорядковуються ознаки пошкодження, починаючи з найменшого важливого $x_1 < x_2 < \dots < x_m$ (1.7);

- приписуються ранги a_i ($a_1=1$; $a_2=1$; ... $a_m=1$) (1.8);

- визначаються вагові коефіцієнти ознак пошкодження a_j ($j=\overline{1,m}$) за формулою:

$$a_j = \sum_{t=1}^h a_{jt} \bigg/ \left(\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h a_{jt} \right) \quad (1.9).$$

4. Оцінка ступеню узгодженості думок експертів (табл. 1.2):

- результати ранжування представляються у вигляді матриці рангів;
- визначається відповідно сума рангів по кожній j -тій ознаці пошкодження і середня сума рангів:

$$Q_j = \sum_{t=1}^h a_{jt} \quad (1.10),$$

де Q_j – сума рангів;

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h a_{jt} \bigg/ m \quad (1.11),$$

де T – середня сума рангів.

- розраховується сума квадратів відхилень:

$$S_E = \sum_{j=1}^m \delta_j^2 = \sum_{j=1}^m (Q_j - T)^2 \quad (1.12);$$

- визначається коефіцієнт впевненості:

$$F = 12S_E \bigg/ \left\{ h^2 \left(m^3 - m \right) \right\} \quad (1.13).$$

Таблиця 1.1 Формування правил роботи експертної групи

Номер ознаку пошкодження	Умовні позначення ознаку пошкодження	Номер експерта					Вагові коефіцієнти
		1	2	...	...	j	
1	m_1	h_{11}	h_{12}	...	...	h_{1j}	a_1
2	m_2	h_{21}	h_{22}	...	...	h_{2j}	a_2
...	...	...	...	...	...	...	...
n	m_i	h_{i1}	h_{i2}	...	...	h_{ij}	a_j

Таблиця 1.2 Оцінка ступеню узгодженості думок експертів

Номер ознаку пошкодження	Умовні позначення ознаку пошкодження	Номер експерта					Сума рангів	Відхилення суми рангів	Квадрат відхилення
		1	2	...	...	j			
1	m_1	h_{11}	h_{12}	...	...	h_{1j}	Q_1	$Q_1 - T$	$(Q_1 - T)^2$
2	m_2	h_{21}	h_{22}	...	...	h_{2j}	Q_2	$Q_2 - T$	$(Q_2 - T)^2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n	m_i	h_{i1}	h_{i2}	...	...	h_{ij}	Q_j	$Q_j - T$	$(Q_j - T)^2$
Середня сума рангів							T		
Сума квадратів відхилень									S_E

Якщо $F > 0,5$, то існує достатня ступінь узгодженості між думками експертів. Якщо $F < 0,5$, то група експертів корегується шляхом виключення останнього експерта в кортежі, перераховується коефіцієнт впевненості і таке інше, до отримання необхідного ступеню узгодженості.

Якщо експерт не може вказати порядок спадання двох або декількох ознак пошкодження, він приписує кожному із них однаковий ранг.

В цьому випадку коефіцієнт впевненості розраховують до залежності:

$$F = S_E \left/ \left(\frac{1}{12} h^2 (m^3 - m) - h \sum_{t=1}^h T_t \right) \right. \quad (1.14),$$

$$T_t = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m (Z_j^3 - Z_j) \quad (1.15),$$

де Z_j = число однакових рангів в t -м ранжуванні.

1.2. Приклад експертної оцінки системи діагностики технічного стану конструкцій будівель

При формуванні експертної оцінки системи діагностики технічного стану споруди можуть підлягати об'єкти громадського та виробничого призначення.

Основними ознаками пошкодження при обстеженні споруди є: тріщина в цоколі фундаменту ($m1$), тріщина в стіні фасаду ($m2$), тріщина в плиті перекриття ($m3$), тріщина в залізобетонних балках даху ($m4$), тому прийmemo ці ознаки пошкодження в якості основних.

На рис. 1.1 представлений зовнішній вигляд споруди та виявленні ознаки пошкодження при обстеженні.

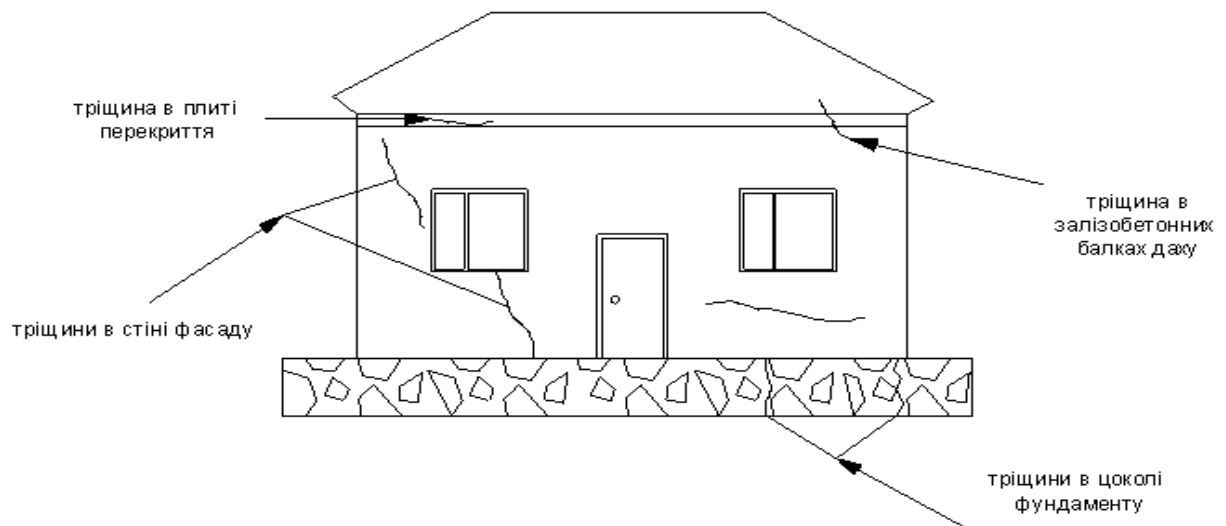


Рис. 1.1 Зовнішній вигляд будівлі, виявленні ознаки пошкодження

При діагностиці технічного стану споруди в науково-дослідних організаціях (спеціалізованих), що займаються питаннями обстеження, існують підрозділи в яких, як правило формуються експертна група з 5 експертів:

- I – експерт – завідуючий відділом;
- II – експерт – завідуючий сектором;
- III – експерт – ст. наук. співробітник;
- IV – експерт – мол. наук. співробітник;

- У – експерт – інженер I-ої категорії

складені матриці рядку оцінок експертів по кожній j -тій ознаці пошкодження згідно виду (1.1):

$$Y_1 = | 0,41 \quad 0,37 \quad 0,05 \quad 0,44 \quad 0,33 | ;$$

$$Y_2 = | 0,21 \quad 0,33 \quad 0,11 \quad 0,23 \quad 0,30 | ;$$

$$Y_3 = | 0,10 \quad 0,08 \quad 0,33 \quad 0,13 \quad 0,05 | ;$$

$$Y_4 = | 0,16 \quad 0,17 \quad 0,21 \quad 0,06 \quad 0,21 | ;$$

Середнє значення оцінок групи по кожній ознаці пошкодження відповідно будуть становлять згідно виду (1.2):

$$A_1 = (0,41 + 0,37 + 0,05 + 0,44 + 0,33)/5 = 0,320;$$

$$A_2 = (0,21 + 0,33 + 0,11 + 0,23 + 0,30)/5 = 0,236;$$

$$A_3 = (0,10 + 0,08 + 0,33 + 0,13 + 0,05)/5 = 0,138;$$

$$A_4 = (0,16 + 0,17 + 0,21 + 0,06 + 0,21)/5 = 0,162.$$

Після визначення відхилень оцінок кожного експерта від середнього значення оцінок групи Δ_{tj} по кожній ознаці пошкодження отримана матриця відхилень згідно виду (1.3):

$$\Delta_{11} = (0,41 - 0,32) = 0,09; \quad \Delta_{21} = (0,37 - 0,32) = 0,05;$$

$$\Delta_{31} = (0,05 - 0,32) = 0,27; \quad \Delta_{41} = (0,44 - 0,32) = 0,12;$$

$$\Delta_{51} = (0,33 - 0,32) = 0,01; \quad \Delta_{12} = 0,026; \quad \Delta_{22} = 0,094; \quad \Delta_{32} = 0,126;$$

$$\Delta_{42} = 0,006; \quad \Delta_{52} = 0,064; \quad \Delta_{13} = 0,038; \quad \Delta_{23} = 0,058; \quad \Delta_{33} = 0,192;$$

$$\Delta_{43} = 0,008; \quad \Delta_{53} = 0,088; \quad \Delta_{14} = 0,002; \quad \Delta_{24} = 0,008; \quad \Delta_{34} = 0,048;$$

$$\Delta_{44} = 0,102; \quad \Delta_{54} = 0,048;$$

$$D = \begin{vmatrix} 0,090 & 0,050 & 0,270 & 0,120 & 0,010 \\ 0,026 & 0,094 & 0,126 & 0,006 & 0,064 \\ 0,038 & 0,058 & 0,192 & 0,008 & 0,088 \\ 0,002 & 0,008 & 0,048 & 0,102 & 0,048 \end{vmatrix}$$

Обчислені середні відхилення оцінок кожного експерта по всім ознакам пошкодження від середнього значення оцінок групи мають наступні значення згідно виду (1.4):

$$\overline{\Delta}_1 = (0,090 + 0,026 + 0,038 + 0,002) / 4 = 0,039;$$

$$\overline{\Delta}_2 = (0,050 + 0,094 + 0,058 + 0,008) / 4 = 0,053;$$

$$\overline{\Delta}_3 = (0,270 + 0,126 + 0,192 + 0,048) / 4 = 0,159;$$

$$\overline{\Delta}_4 = (0,120 + 0,006 + 0,008 + 0,102) / 4 = 0,059;$$

$$\overline{\Delta}_5 = (0,010 + 0,064 + 0,088 + 0,048) / 4 = 0,052.$$

В результаті встановлена матриця – рядок згідно виду (1.5):

$$\overline{D} = [0,039 \ 0,053 \ 0,159 \ 0,059 \ 0,052].$$

Аналіз отриманих результатів дозволяє скласти кортеж компетентності експертів згідно виду (1.6): $\overline{D}^* = \langle 1,5,2,4,3 \rangle$.

Проведені експертами ранжування ознак пошкодження по важливості та значення вагових коефіцієнтів ознак пошкодження a_j представлені в табл. 1.3 згідно виду (1.7–1.9).

Таблиця 1.3 Результати ранжування ознак пошкодження експертами та значення вагових коефіцієнтів

Номер ознаку пошкодження	Умовні позначення ознаку пошкодження	Номер експерта					Вагові коефіцієнти
		1	5	2	4	3	
1	m_1	5	5	5	5	1	0,350
2	m_2	4	4	4	4	2	0,300
3	m_3	1	2	1	2	2	0,133
4	m_4	3	1	3	3	3	0,217

При оцінці ступеню узгодженості думок експертів були використані залежності четвертого етапу. Результати розрахунків зведені в табл. 1.4 згідно виду (1.10–1.13).

Оскільки ні один із експертів не поставив двом або більше ознакам пошкодження однакові ранги, то для знаходження коефіцієнта впевненості використовуємо вираз згідно виду (1.13):

Таблиця 1.4 Оцінка ступеню узгодженості експертів

Номер ознаку пошкодження	Умовні позначення ознаку пошкодження	Номер експерта					Сума рангів	Відхилення суми рангів	Квадрат відхилення
		1	5	2	4	3			
1	m ₁	5	5	5	5	1	21	9	81
2	m ₂	4	4	4	4	2	18	6	36
3	m ₃	1	2	1	2	2	8	- 4	16
4	m ₄	3	1	3	3	3	13	1	1
Середня сума рангів							12		
Сума квадратів відхилень									134

$$F = 12 * 134 / 5^2 * (4^3 - 4) = 1608 / 1500 = 1,072.$$

Так як $F > 0,5$, то існує достатня узгодженість між експертами і отримані результати приймаються в якості кінцевих.

Основні ознаки пошкодження приймають кількісну оцінку: *тріщина в цоколі фундаменту* = 0,35; *тріщина в стіні фасаду* = 0,3; *тріщина в плиті перекриття* = 0,133; *тріщина в залізобетонних балках даху* = 0,217.

Таким чином, при такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках і співставлення результатів заданими спочатку.

Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівельних конструкцій і споруд, враховуючи результати обстеження.

РОЗДІЛ 2 ІНТЕГРОВАНІ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОГО ЗНОШЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ

Під час експлуатації конструктивні елементи та інженерне обладнання будівель під впливом природних умов і діяльності людини поступово втрачають свої експлуатаційні якості.

Протягом часу відбувається зниження міцності, стійкості, погіршуються тепло- та звукоізоляційні, водо- і повітронепроникні якості.

Це явище називається фізичним (матеріальним, технічним) зношенням і визначається у відносних величинах і у вартісному вираженні.

Для технічної характеристики стану окремих конструкцій будівлі виникає необхідність визначити фізичний знос будівлі.

Фізичний знос – величина, що характеризує ступінь погіршення технічних і пов'язаних з ними інших експлуатаційних показників будівлі в певний момент часу, в результаті чого відбувається зниження вартості конструкції будівлі.

Основними причинами фізичного зносу є вплив природних факторів, а також технологічних процесів, пов'язаних з використанням будівлі.

Відсоток зносу будівель визначають термінами служби або фактичному стану конструкцій, користуючись правилами оцінки фізичного зносу, де в таблицях встановлюються ознаки зносу, кількісна оцінка і визначається фізичний знос конструкцій і систем у відсотках.

Фізичний знос встановлюють:

- на підставі візуального та інструментального обстеження конструктивних елементів та визначення відсотка втрати їх експлуатаційних властивостей внаслідок фізичного зносу за допомогою таблиць;
- експертним шляхом з оцінкою залишкового терміну служби;
- розрахунковим шляхом;
- інженерним обстеженням будівель з визначенням вартості робіт, необхідних для відновлення експлуатаційних властивостей.

Фізичний знос визначається методом складання величин фізичного зносу окремих елементів будівлі: фундаментів, стін, перекриттів, даху, покрівлі, підлоги, віконних і дверних пристроїв, оздоблювальних робіт, внутрішніх санітарно-технічних і електротехнічних пристроїв інших елементів.

Для визначення фізичного зносу конструкцій обстежують їх окремі ділянки, що мають різну ступінь зносу.

Метод визначення фізичного зносу на основі інженерного дослідження передбачає інструментальний контроль стану елементів будівель та визначення ступеню втрати їх експлуатацією властивостей.

Оцінки фізичного зносу за методом співставлення фактичних і нормативних термінів служби представляє лінійну залежність зносу від строків служби, що не відповідає дійсній закономірності фізичних процесів, супроводжуваних фізичний знос елементів будівель. Тому необхідно проводити інженерне обстеження для об'єктивної оцінки фізичного зносу.

Спостереження за конструкціями показують, що в перший період експлуатації – період припрацювання, коли конструкція нова, знос слабкіше, а до третього періоду – до кінця терміну служби – інтенсивність зносу зростає.

Конструкція, знос якої за 100 років служби складе 75 %, до кінця терміну служби зношується в півтора рази більше (45 %), ніж в першому періоді (30 %).

Під фізичним зношення окремих конструктивних елементів та інженерних систем встановлюють знос будівлі в цілому.

При виконанні капітального ремонту фізичний знос частково ліквідується, а вартість будівлі збільшується.

При капітальному ремонті будівель в конструкціях фізичний знос усувається, а в незмінних – тільки зменшується, так як незмінні конструкції з фізичного зносу ремонтуватися не можуть, а що проводяться в них ремонтні роботи носять відновлений характер.

В основу нормативних документів з визначення величини фізичного зносу покладено співвідношення фізичного зносу і вартості необхідного на відновлення ремонту. В результаті капітального і поточного ремонтів темпи

зростання фізичного зносу знижуються. Знос будівель відбувається найбільш інтенсивно в перші 20–30 років і після 90–100 років.

На розвиток фізичного зношення впливають такі фактори, як обсяг і характер капітального ремонту, планування будівлі, щільність заселення, якість робіт при капітальному ремонті, санітарно-гігієнічні чинники (інсоляція, аерація), періоди експлуатації, рівень змісту і поточного ремонту.

Фізичне зношення конструкцій, елемента або системи, що мають різну ступінь зношення окремих ділянок, потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_K = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i * \frac{P_i}{P_K} \quad (2.1),$$

де Φ_K – фізичне зношення конструкції, елемента або системи; %,

Φ_i – фізичне зношення ділянки конструкції, елемента або системи, визначений за допомогою бази даних,

P_i – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки; м² або м,

P_K – розміри всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Фізичне зношення будівлі потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i * l_i \quad (2.2),$$

де Φ_3 – фізичне зношення будівлі; %,

Φ_i – фізичне зношення ділянки конструкції, елемента або системи, визначений за допомогою бази даних,

l_i – коефіцієнт, що відповідає частці відновлюваної вартості окремої конструкції, елемента або системи в загальній відновлюваній вартості будівлі,

n – кількість окремих конструкцій, елементів або систем в будівлі.

Частки відновлюваної вартості окремих конструкцій, елементів і систем в загальній відновлюваній вартості будівлі потрібно приймати по показникам відновлюваної вартості будівель, затверджених в встановленому порядку, а для

конструкцій, елементів і систем, що не мають затверджених показників – по їх кошторисній вартості.

Для пошарових конструкцій – стін і покриття потрібно приймати системи подвійної оцінки фізичного зношення, по технічному стану і терміну служби конструкції. За кінцеву оцінку фізичного зношення потрібно приймати більше значення.

Фізичне зношення пошарових конструкцій за терміном служби потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_c = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i * K_i \quad (2.3),$$

де Φ_c – фізичне зношення пошарової конструкції; %,

Φ_i – фізичне зношення матеріалу шару,

K_i – коефіцієнт, що визначається як відношення вартості матеріалу шару до вартості всієї конструкції,

n – кількість шарів.

Основою методики оцінки технічного стану будівель є візуальне розбиття будь-якої будівлі на 4 частини: головний фасад; правий фасад; лівий фасад; дворовий фасад.

Всі експерти групують виявлені дефекти по кожному конструктивному елементу будівлі по фасадам, визначають їх процент фізичного зношення, а також розміри пошкодженої частини в загальному обсязі конструкції.

Нерідко трапляються випадки коли будівлі характерні певні закономірні пошкодження, які поширені по більшості фасадам, це набагато спрощує процес визначення технічного стану будівлі, а також дає можливість виявити причини і наслідки їх виникнення. Також можлива наявність різних за характером пошкоджень, тоді доцільне провести аналіз і визначити вагу пошкодження в загальному об'ємі конструкції.

На рис. 2.1, 2.2 наведено приклади пошкоджень і дефектів основних конструктивних елементів будівлі:

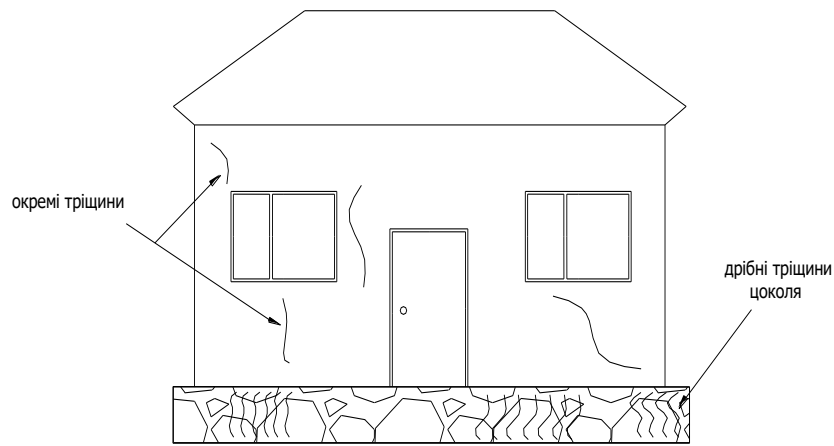


Рис. 2.1 Пошкодження головного фасаду будівлі

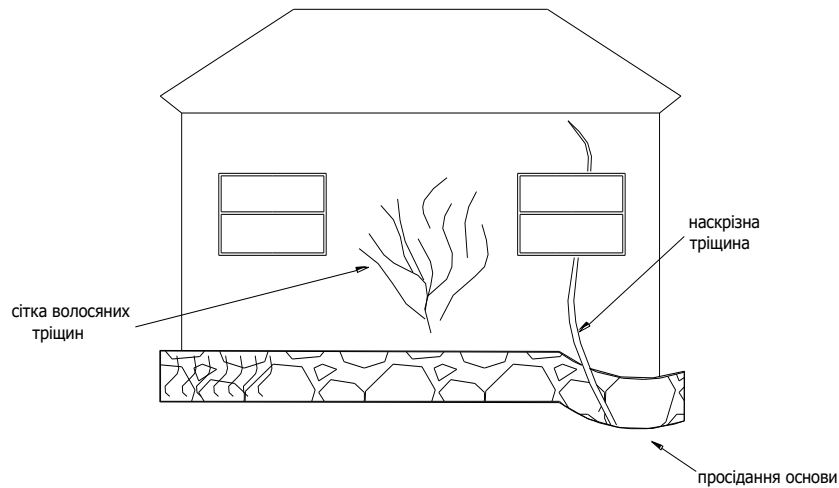


Рис. 2.2 Пошкодження правого бокового фасаду будівлі

Кожен експерт самостійно визначає величину фізичного зношення того чи іншого пошкодження будівлі. Так як кількість експертних оцінок буває різною, то середнє зношення конструкцій визначається за допомогою “методу безпосереднього оцінювання”. Далі це значення перевіряють на належність до певних інтервалів фізичного зношення, що відповідають одному із 4-ох категорій технічного стану будівель.

Фундаменти

Експерти	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення діляноків елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Мілкі тріщини в цоколі	1,2,3	75	10	75/100*10	7	19
	Помітне скривлення цоколя, наскрізні тріщини із розвитком на всю висоту	4	25	48	25/100*48	12	
2	Мілкі тріщини в цоколі	1,2,3	75	15	75/100*15	11	22
	Помітне скривлення цоколя, наскрізні тріщини із розвитком на всю висоту	4	25	44	25/100*44	11	
3	Мілкі тріщини в цоколі	1,2,3	75	18	75/100*18	12,2 5	26
	Помітне скривлення цоколя, наскрізні тріщини із розвитком на всю висоту	4	25	55	25/100*55	13,7 5	

Визначаємо фізичне зношення фундаменту за наступною формулою:

$$\Phi_f = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,f} * \frac{P_{i,f}}{P_f} \quad (2.4),$$

де Φ_f – фізичне зношення фундаменту; %,

$\Phi_{i,f}$ – фізичне зношення ділянки фундаменту, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,f}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки фундаменту; м² або м,

P_f – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Стіни

Експерти	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення діляноків елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Тріщини та відпадання штукатурки, вивітрювання швів	1,2	50	25	50/100*25	12,5	32
	Масове відпадання штукатурки, послаблення цегляної кладки	3,4	50	39	50/100*39	19,5	
2	Тріщини та відпадання штукатурки, вивітрювання швів	1,2	50	22	50/100*22	11	27
	Масове відпадання штукатурки, послаблення цегляної кладки	3,4	50	32	50/100*32	16	
3	Тріщини та відпадання штукатурки, вивітрювання швів	1,2	50	26	50/100*26	13	30
	Масове відпадання штукатурки, послаблення цегляної кладки	3, 4	50	34	50/100*34	17	

Визначаємо фізичне зношення стін за наступною формулою:

$$\Phi_s = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,s} * \frac{P_{i,s}}{P_s} \quad (2.5),$$

де Φ_s – фізичне зношення стін; %,

$\Phi_{i,s}$ – фізичне зношення ділянки стін, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,s}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки стін; м² або м,

P_s – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Перекриття

Експерт и	Ознаки зношення	№ ділян- ки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення ділянок елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Тріщини в місцях стику балок з несущими стінами	1,2	65	48	65/100*48	31	48
	Глибокі тріщини перекриття, наявність часових кріплень	3,4	35	52	35/100*52	17	
2	Тріщини в місцях стику балок з несущими стінами	1,2	65	41	65/100*41	26	45
	Глибокі тріщини перекриття, наявність часових кріплень	3,4	35	55	35/100*55	19	
3	Тріщини в місцях стику балок з несущими стінами	1,2	65	49	65/100*49	32	53
	Глибокі тріщини перекриття, наявність часових кріплень	3, 4	35	58	35/100*58	21	

Визначаємо фізичне зношення перекриття за наступною формулою:

$$\Phi_{pr} = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,pr} * \frac{P_{i,pr}}{P_{pr}} \quad (2.6),$$

де Φ_{pr} – фізичне зношення перекриття; %,

$\Phi_{i,pr}$ – фізичне зношення ділянки перекриття, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,pr}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки перекриття; м² або м,

P_{pr} – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Дах

Експерт и	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення ділянок елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Мілке пошкодження дерев'яних деталей	1	40	15	40/100*15	6	29
	Тріщини в цегляних стовпчиках	2,3	50	35	50/100*35	17,5	
	Протікання даху	4	10	55	10/100*55	5,5	
2	Мілке пошкодження дерев'яних деталей	1	40	8	40/100*8	3	18
	Тріщини в цегляних стовпчиках	2,3	50	22	50/100*22	11	
	Протікання даху	4	10	42	10/100*42	4	
3	Мілке пошкодження дерев'яних деталей	1	40	10	40/100*10	4	25
	Тріщини в цегляних стовпчиках	2,3	50	30	50/100*30	15	
	Протікання даху	4	10	60	10/100*60	6	

Визначаємо фізичне зношення даху за наступною формулою:

$$\Phi_d = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,d} * \frac{P_{i,d}}{P_d} \quad (2.7),$$

де Φ_d – фізичне зношення даху; %,

$\Phi_{i,d}$ – фізичне зношення ділянки даху, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,d}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки даху; м² або м,

P_d – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Покрівля

Експерти	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення ділянок елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Послаблення кріплення азбестоцементних листів	1	25	16	25/100*16	4	46
	Відсутність окремих листів, сколи і тріщини	2,3,4	75	56	75/100*56	42	
2	Послаблення кріплення азбестоцементних листів	1	25	12	25/100*12	3	39
	Відсутність окремих листів, сколи і тріщини	2,3,4	75	48	75/100*48	36	
3	Послаблення кріплення азбестоцементних листів	1	25	20	25/100*20	5	44
	Відсутність окремих листів, сколи і тріщини	2,3,4	75	52	75/100*52	39	

Визначаємо фізичне зношення покрівлі за наступною формулою:

$$\Phi_p = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,p} * \frac{P_{i,p}}{P_p} \quad (2.8),$$

де Φ_p – фізичне зношення покрівлі; %,

$\Phi_{i,p}$ – фізичне зношення ділянки покрівлі, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,p}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої покрівлі; м² або м,

P_p – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Для визначення технічного стану будівлі в цілому потрібно детальніше проаналізувати фізичний стан кожного конструктивного елемента, а також їх вплив на цілісність та міцність самої конструкції. Як відомо, невід’ємною складовою будь-якої будівлі є *фундаменти, стіни, перекриття* – елементи, які сприймають максимальні навантаження і від роботи яких залежатиме стан та довговічність будівлі.

Визначення технічного стану будівель проводиться шляхом спільного порівняння фізичних станів складових конструктивних елементів.

Для цього будемо використовувати логічну операцію “диз’юнкцію”:

$$\begin{aligned} F(ts) \vee S(ts) \vee Pr(ts) \vee D(ts) \vee P(ts) = \\ = \max(F(ts), S(ts), Pr(ts), D(ts), P(ts)) = B(ts) \end{aligned} \quad (2.9),$$

де $F(ts)$ – технічний стан фундаменту;

$S(ts)$ – технічний стан стін;

$Pr(ts)$ – технічний стан перекриття;

$D(ts)$ – технічний стан даху;

$P(ts)$ – технічний стан покриття;

$B(ts)$ – технічний стан будівлі.

Під час виконання операції розглядається технічний стан фундаментів, стін, перекриття, тому їм надається пріоритет, як основним конструктивним елементам будівлі:

$$\begin{aligned} F(3) \vee S(3) \vee Pr(2/3) \vee D(2) \vee P(2) = \\ = \max(F(3), S(3), Pr(2/3), D(2), P(2)) = B(3) \end{aligned} \quad (2.10).$$

Тобто, характер пошкоджень основних конструктивних елементів будівлі, характеризує стан будівлі як непридатний до нормальної експлуатації.

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАНЦЮГІВ ЛОГІЧНОГО ВИВЕДЕННЯ РОБОТИ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДТС БУДІВЕЛЬ

На основі проведеного обстеження, створюються ланцюги логічного виведення по кожному конструктивному елементу будівлі (фундаментів, зовнішніх та внутрішніх стін, конструкцій покриття та перекриття, конструкцій даху та покрівельних матеріалів). Для розв'язання даної задачі експерти самостійно дають імовірнісну оцінку по кожному дефекту конструкцій керуючись власним досвідом.

Результати логічного виводу бази знань представляється у вигляді дерева пошкоджень – ієрархічна класифікація типів пошкоджень.

Кореневий вузол відповідає пошкодженій будівлі, нетермінальні вузли – окремі елементи будівлі, а термінальні – причинами пошкодження.

В ході логічного виводу над фактами, що складають припущення правил, виконуються логічні операції. В результаті цього створюються складні виводи. Метод коефіцієнта впевненості базується на евристичних спостереженнях, які отримані на основі роботи експертів: по – перше, в традиційній теорії ймовірностей сума ймовірностей події та її заперечення дорівнює одиниці; але в практичній діяльності оцінка достовірності події не означає, що ця подія одночасно оцінюються і на хибність; по – друге, знання самих правил більш важливе, ніж знання алгебри для їхнього обчислення.

Міра впевненості – це неформальна оцінка, яку експерт додає до висновку, наприклад: «імовірно, це так», «можливо», «точно», «нічого не можна сказати» і т.ін.

Міра впевненості описує людську (суб'єктивну) оцінку причинної імовірностної міри. Продуктивність системи визначається якістю правил.

Перевагою методу коефіцієнту впевненості, багато в чому полягає у використанні достатньо коротких послідовностей комбінованих правил і використанні достатньо простих гіпотез. До недоліків можна віднести складність

визначення у багатьох випадках коефіцієнтів впевненості, відсутність теоретичного обґрунтування результатів.

Сутність нечіткої логіки, що запропонував Л. Заде, від коефіцієнта впевненості полягає у:

- використанні лінгвістичних змінних (замість числових);
- відношенні між змінними, що описуються за допомогою нечітких висловлювань;
- складні відношення визначаються нечіткими алгоритмами.

Коефіцієнт впевненості розраховується за наступними правилами:

1) при логічному зв'язку І між фактами P_1 і P_2 :

$$C(P_1 \wedge P_2) = \text{MIN}(C(P_1), C(P_2)) \quad (3.1);$$

2) при логічному зв'язку АБО між фактами P_1 і P_2 :

$$C(P_1 \vee P_2) = \text{MAX}(C(P_1), C(P_2)) \quad (3.2);$$

Коефіцієнти впевненості приписуються не тільки фактам, але і правилам. Позначимо коефіцієнт впевненості правила через C_r . Коефіцієнт C_r відповідає ступеню правдивості висновку правила при правдивих припущеннях. Якщо припущення характеризуються коефіцієнтом впевненості $C_{\text{пред}}=1$, то коефіцієнт впевненості висновку $C_{\text{висн}}$ розраховують за формулою:

$$C_{\text{висн}} = C_{\text{пред}} * C_r \quad (3.3).$$

В основу моделювання ланцюгів логічного виведення по кожному конструктивному елементу закладена в базі правил, що являє собою набір правил по обстеженню будівель. Визначення фізичного стану окремого елементу залежатиме від виконання правилами умов, які закладені в базі правил.

В табл. 3.1 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу фундаментів.

Таблиця 3.1 База правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу фундаментів

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Фундаменти	якщо FA і FB то FC якщо FC і FD то FE якщо FE і FK і FF то FL	- якщо тріщини вимощення (FA) і відсутність в окремих місцях вимощення (FB) то пошкодження вимощення (FC); - якщо пошкодження вимощення (FC) і сліди зволоження стін підвальних приміщень (FD) то просідання фундаменту (FE); - якщо просідання фундаменту (FE) і масові наскрізні тріщини на всю висоту будівлі (FK) і випирання ґрунту в підвалі (FF) то осідання будівлі (FL);

Дефекти пошкоджень конструкції фундаментів розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для фундаментів згідно виду (3.1, 3.2):

$$CF(FA \wedge FB) = \min(0.2; 0.3) = 0.2$$

$$CF((FA \wedge FB) \vee FD) = \max(0.2; 0.4) = 0.4$$

$$CF(((FA \wedge FB) \vee FD) \vee FK \vee FF) = \max(0.4; 0.65; 0.75) = 0.75 \rightarrow CF_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CF_r = 0.8$, тоді:

$$CF_{висн} = CF_{пред} * CF_r = 0.75 * 0.8 = 0.6$$

На рис. 3.1 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Фундаменти».

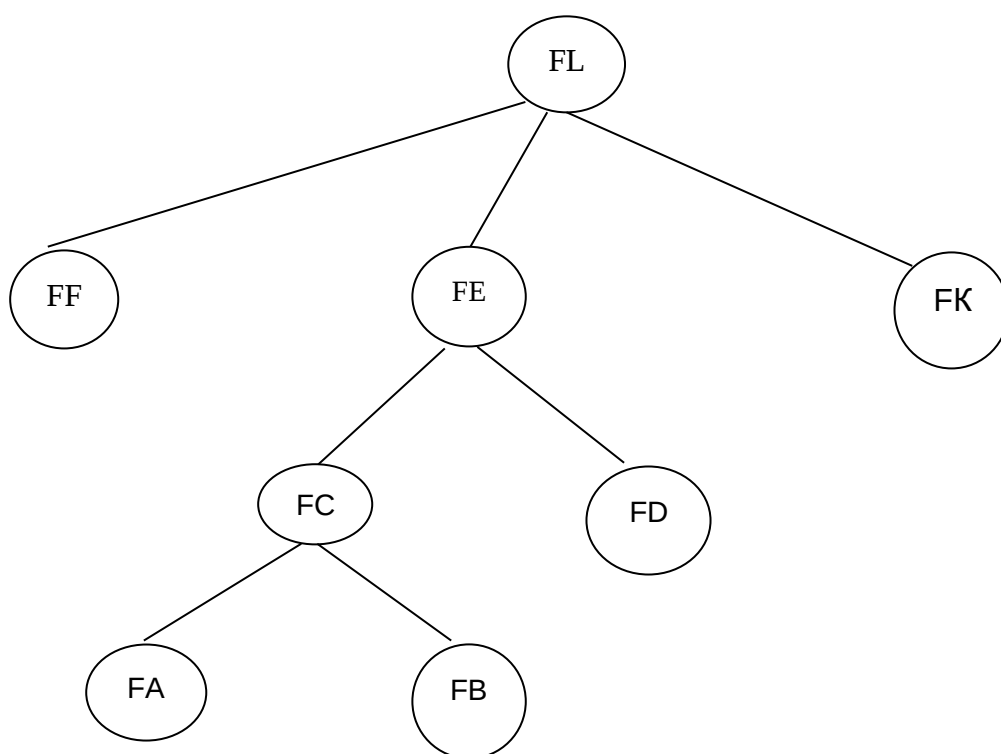


Рис. 3.1 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи
для конструктивного елементу «Фундаменти»

В табл. 3.2 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу стін.

Таблиця 3.2 База правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу стін

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Стіни (зовнішні та внутрішні)	якщо SA і SB то SC	- якщо пошкодження вимощення (SA) і окремі тріщини, вибоїни стін в підвальних приміщеннях (SB) то тріщини фундаменту (SC);
Стіни (зовнішні та внутрішні)	якщо SC і SD то SE	- якщо тріщини фундаменту (SC) і сліди зволоження стін підвальних приміщень (SD) то пошкодження фундаменту (SE);

	якщо SE то SM	- якщо пошкодження фундамен-ту (SE) то тріщини стін (SM);
	якщо SF і SK то SL	- якщо відпадиння штукатурного шару стін (SF) і послаблення цегляної кладки стін (SK) то пошкодження стін (SL);
	якщо SM і SL і SN то SP	- якщо тріщини стін (SM) і пошкодження стін (SL) і осідання будівлі (SN) то будівля непридатна до нормальної експлуатації (категорія III) (SP);
	якщо SP то SO	- якщо будівля непридатна до нормальної експлуатації (категорія III) (SP) то ремонт будівлі (SO).

Дефекти пошкоджень конструкції стін розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для стін згідно виду (3.1, 3.2):

$$CS(SA \wedge SB) = \min(0.2; 0.3) = 0.2$$

$$CS((SA \wedge SB) \vee SD) = \max(0.2; 0.4) = 0.4$$

$$CS(SF \vee SK) = \min(0.5; 0.5) = 0.5$$

$$CS(((SA \wedge SB) \vee SD) \vee SE) = \max(0.2; 0.4; 0.4) = 0.4$$

$$CS((((SA \wedge SB) \vee SD) \vee SE) \vee SM) \vee SF \vee SK) \vee SN) = \max(0.4; 0.5; 0.6) = 0.6$$

$$CS(((((((SA \wedge SB) \vee SD) \vee SE) \vee SM) \vee SF \vee SK) \vee SN) \vee SP) = \max(0.6; 0.6) = 0.6 \rightarrow CS_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CS_r = 0.7$, тоді:

$$CS_{висн} = CS_{пред} * CS_r = 0.6 * 0.7 = 0.42$$

На рис. 3.2 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Стіни».

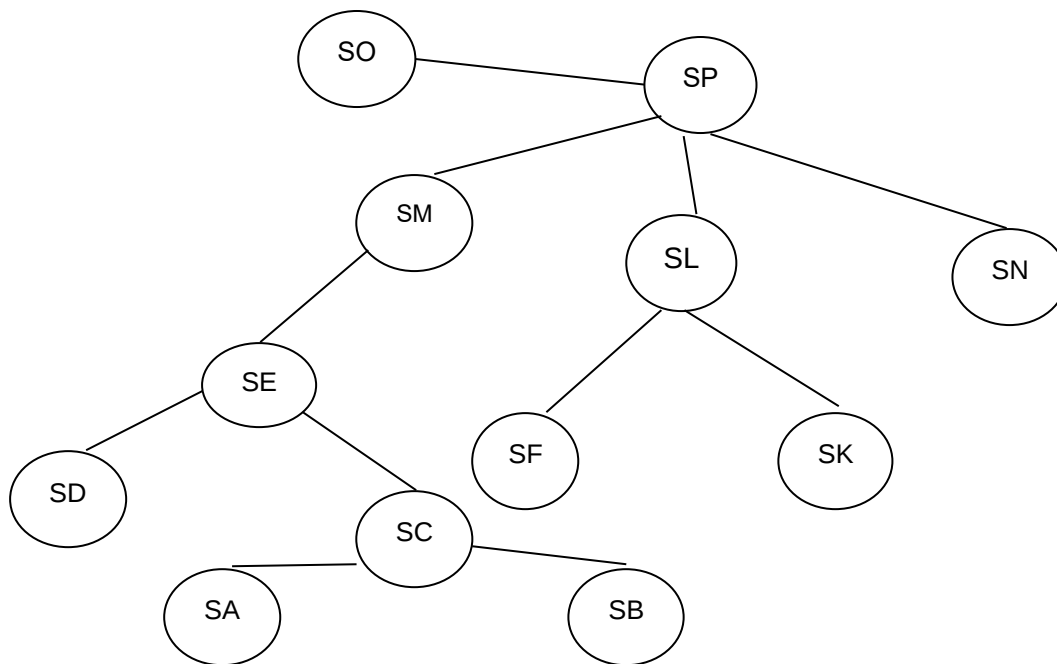


Рис. 3.2 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи
для конструктивного елементу «Стіни»

В табл. 3.3 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу перекриття.

Таблиця 3.3 База правил дефектів експертної системи для конструктивного
елементу перекриття

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Перекриття	якщо PA і PB то PC	- якщо тріщини та відпадиння штукатурного шару стелі (PA) і сліди замокання стелі (PB) то протікання даху (PC);
Перекриття	якщо PD і PE то PF	- якщо ураження верхнього шару деревини грибком (PD) і прогин балок і прогонів (PE) то

	якщо PC і PF то PK	пошкодження дерев'яного перекриття (PF); - якщо протікання даху (PC) і пошкодження дерев'яного перекриття (PF) то переkritтя непридатне до нормальної експлуатації (PK);
	якщо PK то PL	- якщо переkritтя непридатне до нормальної експлуатації (PK) то провести часткову заміну настилу переkritтя III (PL);

Дефекти пошкоджень конструкції переkritтя розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для переkritтя згідно виду (3.1, 3.2):

$$CP(PA \wedge PB) = \min(0.2; 0.3) = 0.2$$

$$CP(PD \wedge PE) = \min(0.6; 0.7) = 0.6$$

$$CP((PA \wedge PB) \vee (PD \wedge PE)) = \max(0.2; 0.6) = 0.6$$

$$CP(((PA \wedge PB) \vee (PD \wedge PE)) \vee PK) = \max(0.6; 0.66) = 0.65 \rightarrow CP_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CP_r = 0.7$, тоді:

$$CP_{висн} = CP_{пред} * CP_r = 0.65 * 0.7 = 0.45$$

На рис. 3.3 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Переkritтя».

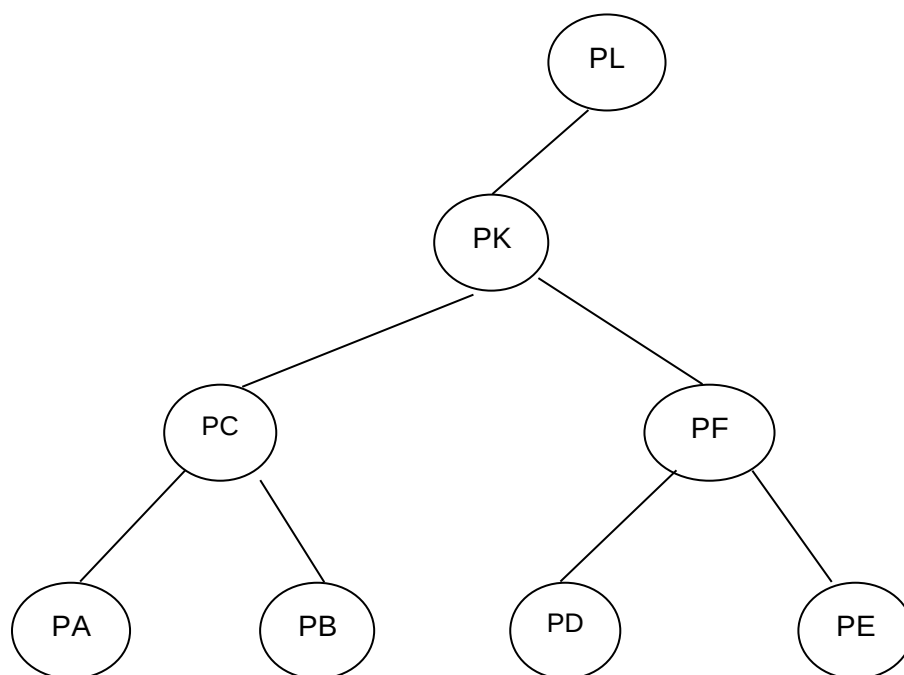


Рис. 3.3 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи
для конструктивного елементу «Перекриття»

В табл. 3.4 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу даху.

Таблиця 3.4 База правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу даху

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Дах	якщо DA і DB то DC	- якщо розтріскування або розсихання дерев'яних фронтонів даху (DA) і ураження гниллю деревини, зволоження (DB) то протікання даху (DC);
Дах	якщо DD і DE то DF	- якщо відсутність димаря (DD) і наявність додаткових тимчасових

	якщо DC і DF то DK	кріплення крокв`яних ніг (DE) то пошкодження даху (DF); - якщо протікання даху (DC) і пошкодження даху (DF) то ремонт даху (DK).
--	--------------------	---

Дефекти пошкоджень конструкції даху розглядається як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для даху згідно виду (3.1, 3.2):

$$CD(DA \wedge DB) = \min(0.55; 0.45) = 0.45$$

$$CD(DD \wedge DE) = \min(0.6; 0.6) = 0.6$$

$$CD((DA \wedge DB) \vee (DD \wedge DE)) = \max(0.45; 0.6) = 0.6 \rightarrow CD_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CD_r = 0.8$, тоді:

$$CD_{висн} = CD_{пред} * CD_r = 0.6 * 0.8 = 0.48$$

На рис. 3.4 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Дах».

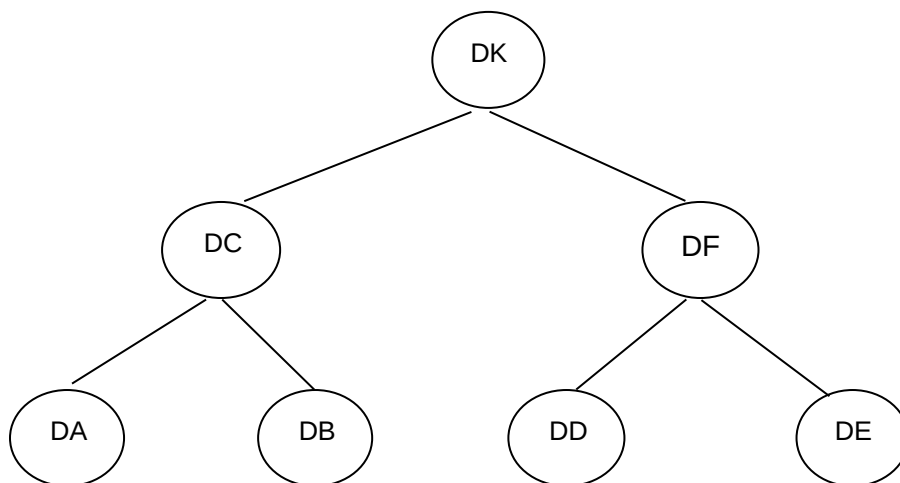


Рис. 3.4 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Дах»

В табл. 3.5 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу покрівлі.

Таблиця 3.5 База правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу покрівлі

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Покрівля	якщо КА і KB і KC то KD якщо KE і KD то KF якщо KF то KK	- якщо сколи, вибоїни шиферу (КА) і відсутність на окремих ділянках листів покрівлі (KB) і послаблення кріплень окремих листів шиферу к обрешітці (KC) то пошкодження покрівлі (KD); - якщо пошкодження покрівлі (KD) і відсутність частини настигних жолобів та оброблення (KE) то ремонт елементів покрівлі з частковою або повною заміною листів (KF); - якщо ремонт елементів покрівлі з частковою або повною заміною листів (KF) то покрівля знаходиться в непридатному стані (KK).

Дефекти пошкоджень конструкції розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для покрівельних матеріалів згідно виду (3.1, 3.2):

$$CK(KA \vee KB \vee KC) = \max(0.4; 0.5; 0.6) = 0.6$$

$$CK((KA \vee KB \vee KC) \vee KE) = \max(0.6; 0.75) = 0.75$$

$$CK(((KA \vee KB \vee KC) \vee KE) \vee KF) = \max(0.75; 0.75) = 0.75 \rightarrow CK_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CK_r = 0.8$, тоді:

$$CK_{висн} = CK_{пред} * CK_r = 0.75 * 0.8 = 0.6$$

На рис. 3.5 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Покрівля».

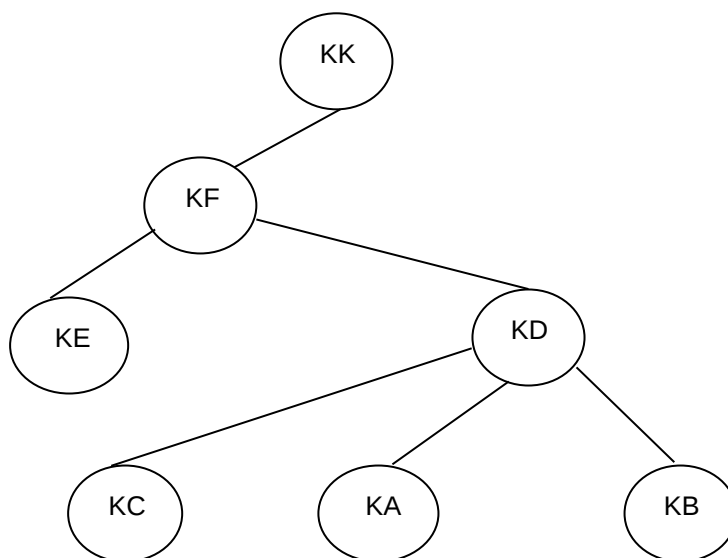


Рис. 3.5 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Покрівля»

Відповідність стану будівлі до коефіцієнта впевненості окремого конструктивного елемента (табл. 3.6):

Таблиця 3.6 Коефіцієнти впевненості нормативного стану

№ п/п	Нормативний стан	Коефіцієнт впевненості
1	2	3
1	II – задовільний	0,00....0,25
2	II/III – задовільний, що межує з непридатним до нормальної експлуатації	0,25....0,50
3	III – непридатний до нормальної експлуатації	0,50.....0,75
4	IV – аварійний	0,75.....1,00

Таким чином категорія технічного стану кожного конструктивного елементу будівлі, що були розглянуті відповідно до отриманих результатів та представлені в табл. 3.7:

Таблиця 3.7 Категорія технічного стану кожного конструктивного елементу будівлі, що були розглянуті відповідно до отриманих результатів

№ п/п	Конструктивний елемент	Кількісна оцінка дефекту	Категорія технічного стану
1	2	3	4
1	Фундаменти	0,6	3
2	Стіни (зовнішні та внутрішні)	0,42	2/3
3	Перекриття	0,45	2/3
4	Дах	0,48	2/3
5	Покрівля	0,6	3

Згідно проведеного дослідження, зроблений висновок: *характер пошкоджень основних конструктивних елементів будівлі характеризує стан будівлі як непридатний до нормальної експлуатації (категорія III).*

По результатам дослідження можна зробити наступний висновок, що нечіткі системи дозволяють вирішувати задачі інформаційної технології для підтримки прийняття рішень щодо діагностики технічного стану, розробка бази знань експертної системи, дослідження та реалізація на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики технічного стану будівель, розробка та дослідження ланцюгів логічного виведення оцінки дефектів та пошкоджень конструктивних елементів будівлі, які можуть бути основою при обстеженні технічного стану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтелектуальна інформаційна технологія діагностики технічного стану будівель [Текст] : монографія /В.М. Міхайленко, О.О. Терентьєв, М.І. Цюцюра // – К: ЦП «Компринт», 2015. – С. 162.
2. Моделі і методи системи діагностики технічного стану будівель [Текст] : монографія /А.О. Білощицький, П.Є. Григоровський, О.О. Терентьєв // – К: ЦП «Компринт», 2015. – С. 232.
3. Терентьєв О.О. Моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану / Баліна О.І., Шабала Є.Є.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 26/2016, КНУБА, 2016. – С. 153-157.
4. Терентьєв О.О. Побудова діагностичних моделей основних конструкцій будівель /Шабала Є.Є., Баліна О.І., Доля О.В.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 28/2016, КНУБА, 2016. – С. 155-159.
5. Міхайленко В.М. Аналіз сучасних інформаційних методів системи діагностики технічного стану будівель /Терентьєв О.О., Шабала Є.Є.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 29/2017, КНУБА, 2017. – С. 136-143.
6. Інтегровані моделі і методи автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва [Текст] : монографія /В.М. Міхайленко, П.Є. Григоровський, І.В. Русан, О.О. Терентьєв // – К: ЦП «Компринт», 2017. – С. 229.
7. Моделі, методи та інформаційна технологія діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд [Текст] : монографія /В.М. Міхайленко, О.О. Терентьєв, Є.Є. Шабала, К.І. Київська, Є.В. Горбатюк // – К: ЦП «Компринт», 2017. – С. 161.
9. Інтегровані моделі, які забезпечують прогнозування надійності прийняття рішень для задачі системи діагностики технічного стану будівель

/Терентьев О.О., Шабала Є.Є., Саченко І.А.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 32/2017, КНУБА, 2017. С. 76-80.

10. Моделі та методи інформаційної системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва. Підручник /В.М. Михайленко, І.В. Русан, П.Є. Григоровський, О.О. Терентьев, А.Т. Свідерський, Є.В. Горбатюк. – К.: Компрінт, 2018. – 325 с.:іл.

11. Olexander Terentyev The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition /Mykola Tsiutsiura// – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 7, July 2015. – P. 827-829.

12. Olexander Terentyev The Method of Prediction of Deformations of Buildings and Failure Analysis the Examination of Technical Condition of Buildings /Malyna Bohdan// – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 8, August 2015. – P. 280-282.

13. Olexander Terentyev Methodology a comprehensive survey and assessment of technical condition of staircases – Scientific Journal «ScienceRise», Volume 8/2(13), August 2015. – P. 41-46.

14. Olexander Terentyev Mathematical model of the system of decision support for problem diagnostics of technical condition of building constructions – Scientific Journal «ScienceRise» №9/2(14), September 2015. – P. 35-40.

15. Olexander Terentyev Development of models and methods for determining the physical deterioration of items for the task of diagnostics of technical condition of buildings and structures /Olexander Poltorak// – Scientific Journal «ScienceRise» №8/2(25), August 2016. – P. 14-19.

16. Olexander Terentyev Risk assessment of delayed damage diagnostics of technical condition of building structures /Olexander Poltorak// – Scientific Journal «ScienceRise» №2(31), February 2017. – P. 42-45.