

конкурсі з метою його завершення.

Проблема організаційно-технічної підготовки для об'єктів незавершеного будівництва є складною і потребує комплексного підходу з глибоким опрацюванням варіантів і оцінкою економічної ефективності інвестицій в добудову цих об'єктів, відтворення або диверсифікацію.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Антипенко Е. Ю. *Принципы анализа капитальных вложений* / Е. Ю. Антипенко, В. И. Доненко. — Запорожье : Фазан; Дикое Поле, 2005. — 420 с.
2. *Експрес-випуск від 20.04.2015 // Головне управління статистики у Запорізькій області: №830. — Запоріжжя: ГУС ЗО, 2015. — С. 8-16.*
3. Нікішина О.В. *Оцінка ефективності інвестицій в об'єкти незавершеного будівництва в умовах ринку // Вісник Іркутського державного технічного університету. 2013. № 10. С.343-348.*

#### АННОТАЦІЯ

Рассмотрена статистика объектов незавершенного строительства (ОНС), сложившегося на территории Запорожской области. Проанализированы перечень критериев и показателей, характеризующих эффективность оценки ОНС с точки зрения экономической выгоды. Что является основанием для оценки ОНС с точки зрения организационно-технологического направления. Что позволит в полной мере составить алгоритм обоснования вариантов использования объектов незавершенного строительства

Ключевые слова: объекты незавершенного строительства; направление достройки; ОНС в Запорожской области; организационно-техническая подготовка; реновация; эффективность; рыночная стоимость; стадия строительства

#### ANNOTATION

Consider the statistics on assets under-construction, established in the territory of Zaporizhzhia region. Analyzed criterias and indicators characterizing the evaluation in terms of economic benefits. This is the basis for the evaluation in terms of organizational and technological areas. That will allow to fully make use of the algorithm study options on assets under construction.

Keywords: construction in progress; the direction of completion; under-construction in the Zaporizhzhia region; organizational and technical training; renovation; efficiency; market price; construction phase.

УДК 004.896:004.891.3

*Теренчук С.А., к. ф-м. н., КНУБА, м. Київ;  
Єременко Б.М., к.т.н., КНУБА, м. Київ;  
Пашко А.О., д. ф-м. н., КНУ ім. Т. Шевченка,  
м. Київ*

### ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ

#### АНОТАЦІЯ

В роботі структуровано процес діагностування технічного стану об'єктів будівництва на основі аналізу нормативних документів, згідно яких проводиться їх обстеження та оцінка. Для здобуття і накопичення експериментальних даних та систематизації і застосування експертних знань спроектовано експертну систему підтримки прийняття рішень з нечіткою логікою, яку пропонується інтегрувати в процес діагностування будівельних конструкцій. Описано інформаційне і математичне забезпечення запропонованої системи та алгоритм реалізації нечіткого виведення в системах правил нечітких продукцій. Формалізацію експертних знань у вигляді нечітких правил для оцінки технічного стану конструкції показано на прикладі розрахунку рівня придатності до експлуатації однієї з несучих балок, яка є елементом прольоту моста.

Ключові слова: діагностування, конструкція, міра належності, нечіткі правила, рівень придатності, технічний стан.

#### Вступ

Проведені дослідження будівельного фонду України показали, що основною його особливістю є значна різномірність об'єктів будівництва (ОБ), що призначені для довгострокової експлуатації в складних інженерно-геологічних умовах. Завдання забезпечення відповідних вимог стосовно придатності цих об'єктів до експлуатації, їх надійності та безпеки в умовах зростаючого фізичного і морального зношення вимагає застосування надійних методів і засобів діагностики їх технічного стану (ТС).

Оцінка технічного стану будівель і споруд здійснюється експертними групами. Експертний підхід ґрунтується на врахуванні ступеня відхилення класифікаційних ознак діагностичних параметрів від їх нормативних значень та особистих знаннях експертів [1, 2]. Слід зазначити, що унікальні

знання експертів не обов'язково формалізовані. Спеціалісти можуть визначати категорію технічного стану ОБ, конструктивним елементом якого характерний певний перелік дефектів, та зробити прогноз розвитку їх руйнування використовуючи особистий досвід і знання, що набуті при дослідженні різних об'єктів в різних умовах експлуатації. Як наслідок – точність оцінки ТС, а також залишкового ресурсу ОБ часто мають суб'єктивний характер. У зв'язку з цим, особливе місце займає задача підвищення рівня автоматизації процесу діагностування, розв'язання якої дозволить суттєво зменшити ризик прийняття необ'єктивних рішень на різних стадіях життєвого циклу при обстеженні технічного стану ОБ.

#### Аналіз сучасного стану проблеми

Проблема розробки програмного забезпечення для оцінки технічного стану об'єктів будівництва, що призначені для тривалої експлуатації в умовах невизначеності дестабілізуючих впливів середовища, полягає в ускладненні детермінованих моделей, які застосовуються для формалізації процесів руйнування в умовах невизначеності. Окрім того, аналіз нормативних документів, згідно яких проводяться обстеження ОБ [2], показав, що ряд класифікаційних ознак дефектів і пошкоджень, за якими здійснюється оцінка ТС конструкцій однозначно визначають границі станів, але існує достатня кількість ознак, що свідчать про належність конструкції до двох станів одночасно. В таких випадках оцінка ТС об'єкта залежить від нових класифікаційних ознак. При цьому, розробка заходів збереження будівель і споруд, що експлуатуються, здійснюється згідно нормативних документів для ОБ, що будуються, а встановлення критеріїв придатності житлових і громадських об'єктів будівництва виконується згідно вимог "Нормативних документів з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд".

В таких умовах, нечіткі границі між категоріями ТС та залежність оцінки від розширеного набору вхідних параметрів призводять до зростання ризику застосування неадекватних моделей, на основі яких здійснюється оцінка (табл. 1).

Склад робіт, без проведення яких неможливо оцінити ТС, фактичну несучу здатність конструкцій і прийняти обґрунтоване рішення щодо проведення ремонтно-відновлювальних робіт та подальшої експлуатації ОБ визначаються експертами [2].

При визначенні категорій ТС терміни в роботі трактуються наступним чином:

– об'єкт будівництва – будинок або споруда з устаткуванням, яке до них відноситься, інструментом і реманентом, галереями, естакадами, комунікаціями, внутрішніми і зовнішніми інженерними мережами та підсобними і допоміжними надвірними будівлями, під'їзними шляхами, на будівництво, реконструкцію, розширення або благоустрій яких складається окремий об'єктний кошторис;

– технічний стан – сукупність показників, що характеризують експлуатаційну придатність ОБ або його частин, у порівнянні з гранично припустимими значеннями;

– конструкції (будівельні) – елементи ОБ, що виконують несучі, огорожуючі або суміщені функції;

– обстеження технічного стану – комплекс заходів із отримання і оцінки фактичних значень діагностичних параметрів, що визначають категорію ТС об'єкта і можливість його подальшої експлуатації або необхідність проведення інших заходів;

– моніторинг (об'єктний) – систематичне чи періодичне спостереження за станом об'єкта контролю при його роботі на протязі певного часу в експлуатаційному режимі;

– діагностика – встановлення і вивчення ознак, що характеризують стан об'єкта контролю, для визначення ймовірних відхилень та попередження порушень нормального режиму їх експлуатації.

Таблиця 1. Категорії технічного стану за різними нормативними документами

Категорія ТС	ДБН В.2.6–98:2009: Конструкції будинків і споруд: Бетонні та залізобетонні конструкції	ДБН В.1.2-14-2008: Надійність	ДБН В.3.2-1-2004: Реставрація	ДБН В.3.1-1-2002: Ремонт та підсилення
1	Нормальний	Справний	Добрий	Задовільний
2	Задовільний	Працездатний	Задовільний	
3	Непридатний до нормальної експлуатації		Незадовільний	Незадовільний
4	Аварійний		Аварійний	Аварійний

Після оцінки технічного стану конструкцій, в залежності від ступеня втрати їх експлуатаційних якостей і встановленої фактичної працездатності, будь-який ОБ може бути віднесений до однієї з нижче наведених груп, що визначаються категорією ТС:

*стан нормальний* – виконуються усі вимоги чинних норм і стандартів, відсутні ушкодження та дефекти, що свідчать про зниження експлуатаційної якості несучих конструкцій;

*стан задовільний* – виконуються вимоги чинних норм і стандартів у частині міцності за граничними станами першої групи з урахуванням фактичної міцності матеріалів, не виконуються за граничними станами другої групи, не забезпечуються нормальні умови експлуатації на даний проміжок часу в конкретних умовах, відсутні дефекти і ушкодження, що свідчать про зниження несучої здатності, але є дефекти і ушкодження, які свідчать про зниження захисних властивостей матеріалів;

*стан непридатний* до нормальної експлуатації – не виконуються вимоги чинних норм і стандартів у частині міцності за граничними станами першої групи, у наявності дефекти і ушкодження, що свідчать про зниження несучої здатності і експлуатаційної придатності, але відсутні загроза крихкого руйнування та загроза безпеки людей;

*стан аварійний* – можливе настання граничного стану за міцністю з руйнуванням конструкцій, у наявності є дефекти і ушкодження, що свідчать за їх виглядом і параметрами про небезпеку перебування людей у зоні розташування ушкоджених конструкцій.

Правила для оцінки технічного стану ОБ в

цілому визначаються сукупністю виявлених дефектів і ушкоджень елементів та типом їх з'єднань. При цьому, рекомендації щодо подальшої експлуатації конструкції передбачають прогнозування характеру розвитку і ступеня небезпеки дефекту на будь-який наперед заданий період часу. Прогнозування ймовірних наслідків виявлених відхилень, як і прийняття рішень щодо подальшої експлуатації ОБ, потребують застосування іншої системи правил, які визначаються ступенем зниження несучої здатності конструкцій з урахуванням впливу внутрішніх факторів середовища та умовами експлуатації на заданий проміжок часу. В кожному окремому випадку вибір адекватного математичного забезпечення для прогнозування є однією з проблем, ступінь якої залежить від рівня та характеру невизначеності [3-5]. В описаних умовах лишається актуальною розробка експертних систем підтримки прийняття рішень (ЕСППР), на основі моделей і методів нечіткої математики.

### Мета роботи

Мета роботи полягає в проектуванні експертної системи підтримки прийняття рішень з нечіткою логікою для оцінювання ТС будівельних конструкцій на основі нечітких правил виведення з її подальшим впровадженням в процес діагностування.

### Виклад основного матеріалу

Проведений аналіз сучасного стану проблеми показав, що надійність діагностування ОБ залежить від адекватності правил, що застосовуються на різних етапах оцінки та прогнозування ТС будівель і споруд.

Основні етапи діагностування технічного стану об'єкта будівництва відображено на рис. 1.



Рис. 1. Основні етапи діагностування технічного стану об'єктів будівництва

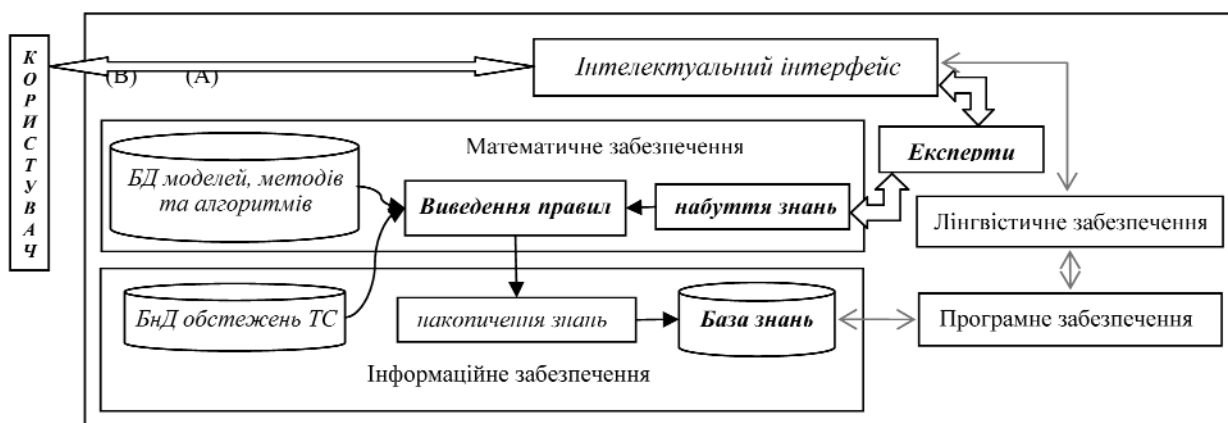


Рис.2. Структурна схема підсистеми інженерії знань ЕСППР для оцінювання технічного стану будівельних конструкцій

Для підтримки прийняття рішень при оцінюванні конструкцій в умовах невизначеності спроектовано підсистему інженерії знань експертної системи підтримки прийняття рішень з нечіткою логікою.

Структурну схему підсистеми інженерії знань ЕСППР для оцінювання ТС будівельних конструкцій представлено на рис. 2.

Математичне забезпечення складається з бази даних моделей, методів та алгоритмів і підсистеми виведення правил. Тут мова йде про моделі і методи, на основі яких проводились розрахунки будівельних конструкцій і прогнозування процесів їх руйнування на стадії проектування та методи і алгоритми формалізації процесів деградації, що вже апробовані в процесі попередніх обстежень.

Основу інформаційного забезпечення складає банк даних (БнД) обстежень ТС та база знань.

БнД відображає інформаційні масиви і потоки даних про будівельні конструкції та ОБ в цілому, які функціонують в різних умовах починаючи з монтажу; нормативно-довідникову інформацію; форми вхідних і вихідних документів та інструкції щодо проведення обстежень; контрольні карти характеристик якості та інші документи і стандарти, що необхідні для аналізу відповідності ТС конструкцій проектним даним; інформаційні моделі будівель (ВІМ) та систему управління базами даних.

ВІМ містять потрібну інформацію щодо ключових елементів, які знаходяться в зонах підвищеного ризику руйнування: розташування, матеріал з якого їх виготовлено, точки найвищого навантаження [6]. Таким чином, експерти мають змогу отримувати інформацію для визначення переліку додаткових робіт та місць встановлення відповідних вимірювальних датчиків.

База знань містить в собі базу даних і базу правил [7]. В базі даних зберігаються класифікаційні ознаки категорій технічного стану різних конструкцій з переліком відповідних лінгвістичних термів та можливих причин і наслідків розвитку дефектів і пошкоджень; статистичні дані натурних спостережень та науково-експериментальних досліджень; атлас еталонів та аналогів з описанням умов їх експлуатації. В базі правил накопичуються правила, що вже застосовувались, з описанням умов їх застосування.

Для коректної обробки інформації, пошуку, оновлення і т. і. використовується система управління базою знань (рис. 3).

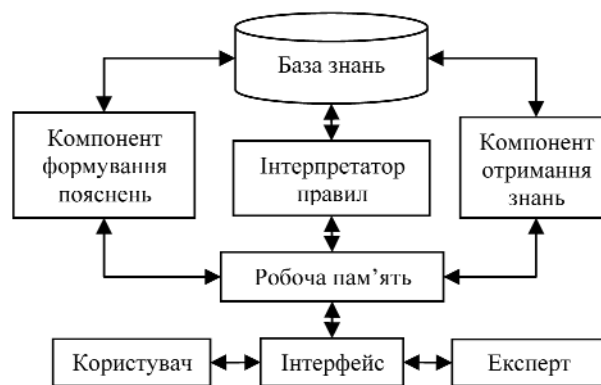


Рис. 3. Структура системи управління базою знань

Інтерпретатор правил виконує перегляд існуючих фактів з бази даних і правил, додавання нових даних і правил та визначення порядку перегляду і застосування правил.

Робоча пам'ять містить в собі результати проміжних висновків і обчислень, інформацію про використані знання, поточні запити і т. і.

Інтерфейс дозволяє користувачу отримувати інформацію щодо поточного стану ОБ і забезпечує

спілкування з ЕСППР зручним користувачу способом. Експерти можуть отримувати і набувати знання для виведення правил, як в базі знань шляхом (А), так і в процесі обстеження шляхом (В), після проведення та аналізу результатів додаткових робіт (рис. 2).

Компонент отримання знань є редактором бази знань, що дозволяє керувати її вмістом.

Компонент формування пояснень призначається для формування і видачі пояснень логіки міркувань системи щодо отримання тих чи інших результатів.

Специфіку представлення та обробки текстової інформації, що застосовується для описання процесів діагностування в термінах нечіткої математики, необхідно враховувати при виборі лінгвістичного та програмного забезпечення, які використовуються для формування системи нечіткого виведення.

**Система нечіткого виведення.**

Метод нечіткого виведення являє собою алгоритм для отримання нечітких висновків на основі нечітких початкових даних і використовує основні операції нечіткої логіки.

Система нечіткого виведення включає:

- множину нечітких лінгвістичних змінних, що описують стан будівельних конструкцій;
- правила над нечіткими змінними;
- входи та виходи системи.

Вхідні параметри задаються у вигляді вектора  $\vec{X} = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ , координатами якого можуть бути, наприклад, геометричні параметри дефектів такі, як: довжина тріщини, ширина тріщини, площа зношення антикорозійного шару та інші [7]. Кожному вхідному параметру відповідає лінгвістична змінна  $L_i = \{T_{(ij)} | j=1, 2, \dots, k\}$ , що містить  $k_i$  термів. Кожен терм є нечіткою множиною.

Вихід правила — деяка лінгвістична змінна  $LY = \{TY_j | j=1, 2, \dots, m\}$ ,  $TY_j$  — терми цієї змінної.

Таблиця 2. Категорії технічного стану

Категорія	Рівень придатності	Відповідні заходи
"1"	нормальний	
"2"	задовільний	Потрібні заходи щодо захисту конструкції та дотримання встановлених вимог її використання
"3"	непридатний до нормальної експлуатації	Необхідно здійснити ремонт, підсилення або заміну конструкції; до завершення цих робіт використовувати ОБ за програмою обмеженого режиму експлуатації, що розроблена з урахуванням ТС і навантаження конструкції
"4"	аварійний	Необхідно негайно виключити знаходження людей в зоні можливого обвалення та вжити заходів, що унеможливають обвалення до проведення ремонту, підсилення або заміни конструкції.

Вихідним параметром  $Y$  є категорія технічного стану конструкцій. Рівень придатності — це відповідна лінгвістична змінна, що характеризується множиною термів: нормальний, задовільний, непридатний до нормальної експлуатації та аварійний (табл. 2).

Множина правил  $\{P_j, j=1, 2, \dots, N\}$  являє собою знання експертів, які задані у вигляді нечіткої імплікації, що задана на декартовому добутку носіїв вхідних і вихідних даних. Система нечітких правил має бути повною, що передбачає існування хоча б одного правила для кожного терму вхідної та вихідної лінгвістичної змінної. Максимальна кількість правил дорівнює  $N_{max} = \prod_{i=1}^n m_i$ .

Схему формування системи нечіткого виведення показано на рис. 4.

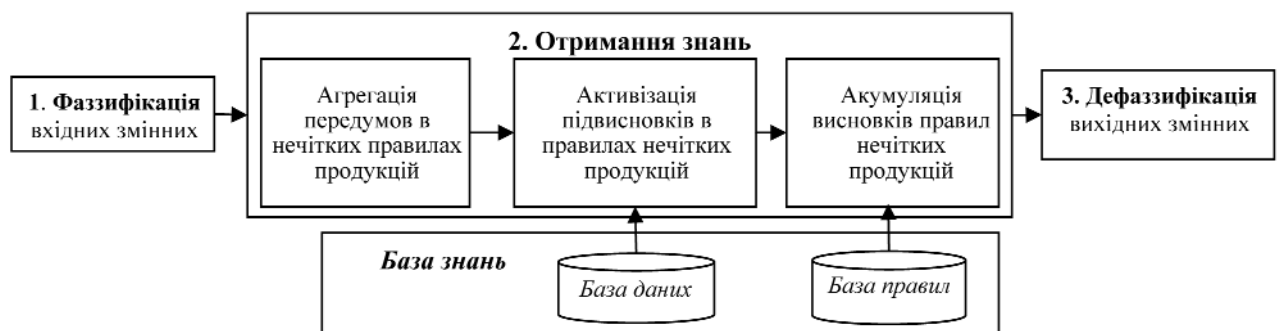


Рис. 4. Схеми формування системи нечіткого виведення

По своїй суті метод нечіткого виведення нагадує "чорний ящик". На вході і виході якого числові показники, а замість моделей, що зв'язують вхідні і вихідні величини, — апарат нечіткої логіки та нечітких множин. Кожне правило будується у вигляді умовного оператора [7]. До системи правил входять всі можливі комбінації термів лінгвістичних змінних для всіх вхідних параметрів, що зв'язані логічними операціями кон'юнкції, диз'юнкції та заперечення. Для визначення результату кон'юнкції застосовується операція знаходження мінімуму мір належності відповідних нечітких множин, для диз'юнкції використовується операція знаходження максимуму мір належності відповідних нечітких множин.

Існують два підходи до побудови логічного виведення — моделі Мамдані та Сугено. Модель Мамдані оперує лінгвістичними змінними та нечіткими множинами, а модель Сугено використовує чіткі вхідні величини, лінгвістичні змінні та нечіткі множини, і перетворює чіткі входи на чіткі виходи. Модель Сугено є більш раціональною для побудови правил виведення при діагностуванні ТС конструкцій, якщо в результаті обстежень задані чіткі вхідні величини.

В моделі Сугено правила мають зображення

$$P_j: \text{if } (x_1 \text{ is } T_{1,j}) \wedge (x_2 \text{ is } T_{2,j}) \wedge \dots \wedge (x_n \text{ is } T_{n,j}) \\ \text{then } (y = a_j),$$

де  $a_j$  фінальне значення  $j$  — го правила.

Для розв'язання задач пояснень і обґрунтування рішень, доцільним є застосування моделі Мамдані.

В моделі Мамдані правила мають зображення

$$P_j: \text{if } (L_1 \text{ is } T_{1,j}) \wedge (L_2 \text{ is } T_{2,j}) \wedge \dots \wedge (L_n \text{ is } T_{n,j}) \\ \text{then } (LY \text{ is } TY_j),$$

де  $T_{(n,j)}$  — нечіткі множини для вхідних величин лінгвістичних змінних,  $TY_{(j)}$  — нечіткі множини для вихідної лінгвістичної змінної, що використовуються в  $j$  — му правилі.

### Алгоритм нечіткого виведення

#### 1. Фаззифікація входів.

Фаззифікація — це перетворення чітких вхідних величин  $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  до нечітких множин  $\{T_{(i,j)}\}$ . Вхідна величина  $x_i$  є нечіткою множиною  $M_i(x, \mu(x))$  з мірою належності:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x = x_i \\ 0, & x \neq x_i \end{cases}$$

При фаззифікації чіткого входу  $x$  і визначають ступені належності кожному терму лінгвістичної змінної  $L_i$ .

### 2. Отримання знань

Визначення міри належності підумов здійснюється за допомогою операцій над нечіткими множинами, що отримані в результаті фаззифікації вхідних змінних і нечітких множин з відповідних правил [6, 8].

### 3. Дефаззифікація виходів

На етапі дефаззифікації нечіткі дані, що отримані в результаті застосування нечітких правил, перетворюються на чітку величину згідно алгоритму Мамдані за формулою [8]:

$$z_0 = \frac{\int_{\Omega} z \mu_{\Sigma}(z) dz}{\int_{\Omega} \mu_{\Sigma}(z) dz},$$

де  $z$ -ім'я змінної виводу;  $z_0$ -чітке значення змінної виводу;  $\mu_{\Sigma}$ -міра належності вихідного правила.

В [8] досліджені моделі і методи обробки експериментальних результатів роботи експертної системи, що призначена для проведення обстеження технічного стану ОБ. Аналіз її роботи показав, що надійність оцінки технічного стану конструкції і точність ідентифікації дефектів залежить від набору параметрів, які фіксуються або специфікуються на кожному з етапів обстеження, та моделей, на основі яких реалізується нечіткий вивід в системах правил нечітких продукції.

### Приклад оцінки ТС будівельної конструкції

Розглянемо приклад застосування нечітких правил для оцінки рівня придатності до експлуатації однієї з несучих балок, яка є елементом прольоту моста, що складається з чотирьох несучих колон висотою 8,4 м кожна, двох несучих балок прогоном 24-м та плитами перекриття, що укладені кроком в 6м.

При оцінюванні технічного стану деякого об'єкта будівництва потрібно оцінити ТС кожної складової конструкції, після чого оцінити технічний стан самого об'єкта за відповідною системою правил.

Нехай технічний стан балки характеризується вхідними величинами:

- довжина тріщини,
- ширина розкриття,
- розвиток тріщини в глибину,
- площа зношення антикорозійного шару.

Будуємо відповідні лінгвістичні змінні з набором термів:

- довжина тріщини: коротка, середня, довга, критична,

- ширина розкриття: дрібна, розвинута, велика,
- площа зношення корозійного стану: слабка, значна, критична,
- розвиток тріщини в глибину: немає, повільний, середній, суттєвий.

Оцінимо рівень придатності балки в залежності від величини тріщини і динаміки її розвитку.

Графіки міри належності для термів вихідного значення показаний на рис. 5.

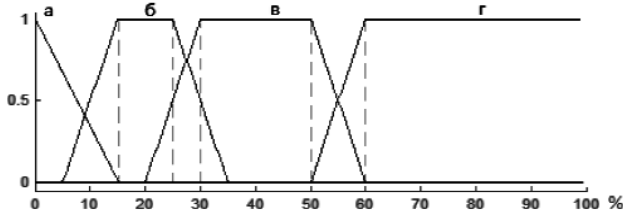


Рис. 5. Графік міри належності для рівня придатності:

- а) нормальний —  $C_1(x)$ ; б) задовільний —  $C_2(x)$ ;
- в) не придатний —  $C_3(x)$ ; г) аварійний —  $C_4(x)$

На рис. 6-9 зображені графіки мір належності термів вхідних лінгвістичних змінних..

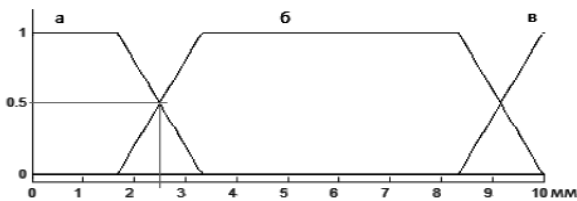


Рис. 6. Графік міри належності ознаки "ширина розкриття тріщини": а) дрібна; б) розвинута в) велика

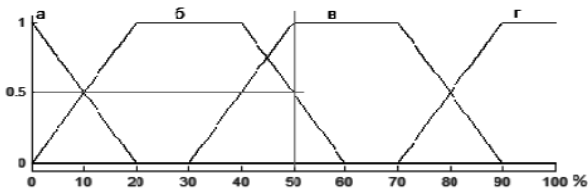


Рис. 7. Графік міри належності ознаки "довжина тріщини": а) коротка; б) середня; в) довга; г) критична

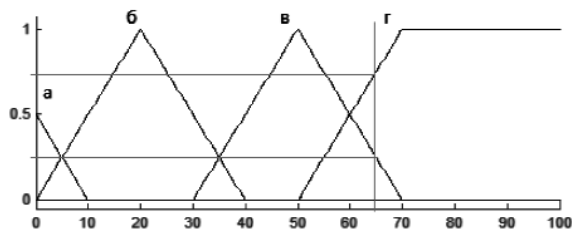


Рис. 7. Графік міри належності ознаки "глибина тріщини": а) нульова; б) незначна; в) суттєва; г) критична

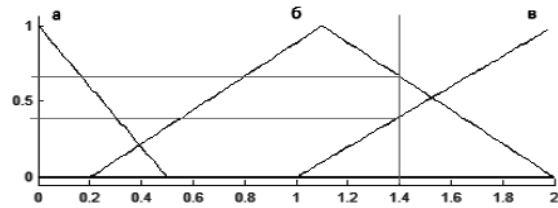


Рис. 8. Графік міри належності ознаки "площа зношення антикорозійного шару": а) слабка; б) значна; в) критична

дні з балок має поздовжні тріщини, що характеризуються такими нечіткими ознаками геометричних параметрів:

- ширина розкриття тріщин — складає 2,5 мм,
  - довжина тріщини — складає 50 мм,
  - глибина тріщини — складає 65 мм,
  - площа зношення антикорозійного шару — складає 70% від всієї поверхні.
- Згідно з графіками (рис. 5-8):

- ширина розкриття тріщини: слабка — 0,5, або розвинута — 0,5;
- довжина тріщини: середня — 0,5, або довга — 1;
- глибина тріщини: суттєва — 0,25, або критична — 0,75;
- площа зношення антикорозійного шару: слабка або значна — 0,4, або критична — 0,6.

Система нечітких правил, які застосовуються, та їх графічна інтерпретація, має вигляд:

1. **if** <ширина розкриття тріщини — дрібна і довжина тріщини — коротка, і глибина тріщини — нульова, і зношення антикорозійного шару — слабка> **than** <нормальний> (рис. 9).

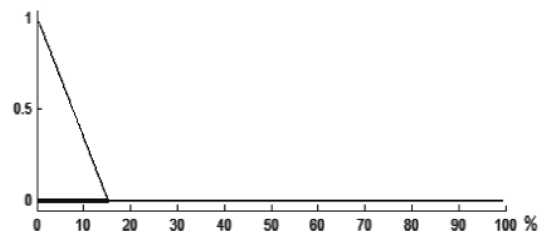


Рис. 9. Нечітке виведення за правилом 1.

2. **if** <ширина розкриття тріщини — розвинута і довжина тріщини — середня і глибина тріщини — незначна і зношення антикорозійного шару — значне> **than** <задовільний> (рис. 10).

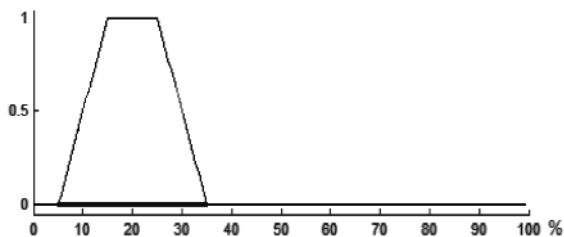


Рис. 10. Нечітке виведення за правилом 2.

3. if <ширина розкриття тріщини – розвинута і довжина тріщини – довга і глибина тріщини – суттєва і зношення антикорозійного шару – значне> **than** <не придатний> (рис. 11).

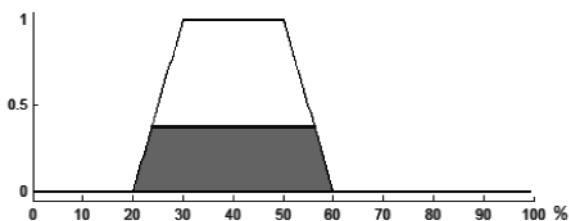


Рис. 11. Нечітке виведення за правилом 3

4. if <ширина розкриття тріщини – велика і довжина тріщини – критична і глибина тріщини – критична і зношення антикорозійного шару – критичне> **than** <аварійний> (рис. 12).

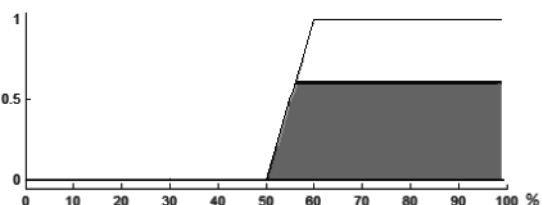


Рис. 12. Нечітке виведення за правилом 4

Графік міри належності для вихідного правила зображено на рис. 13.

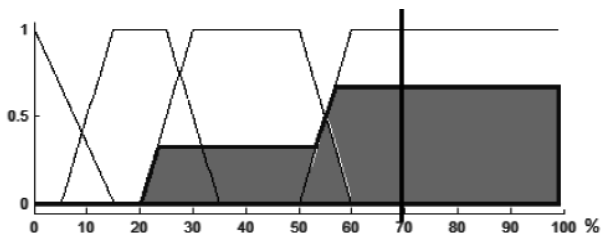


Рис. 13. Міра належності вихідного правила.

На етапі дефазифікації вихідних змінних знаходимо необхідне значення:

$$z_0 = \frac{2400 + 300 + 1150 + 20}{55,79} = 69,9.$$

Придатність балки ( $z_0$ ) характеризується чітким значенням 69,6 з мірою належності 0,6.

Категорія технічного стану – IV.

Рівень придатності – аварійний.

Перелік можливих причин такого стану:

- перенавантаження конструкції;
- зміщення положення розтягнутої арматури під час виготовлення;
- недостатнє зусилля натягу арматури (для попередньо напружених конструкцій).

Прийняття рішень щодо подальшої експлуатації конструкції здійснюється на чіткому рівні згідно чинних положень, що регламентують формування результатів обстежень на основі яких робиться висновок. Всі питання, що пов'язані з невизначеністю або неузгодженістю інформації, на основі якої формується висновок, необхідно вирішити на попередніх етапах діагностування. В даному випадку, необхідно негайно виключити знаходження людей в зоні можливого обвалення та вжити заходів, що унеможливають обвалення до проведення ремонту, підсилення або заміни конструкції (табл. 2).

Технічні рекомендації: провести заміну несучих балок з урахуванням можливого перенавантаження конструкції, провести поточний ремонт плит перекриття в місцях тріщин штукатурного шару.

Алгоритм налаштування правил і покрокова експертна підтримка прийняття рішення в процесі оцінки технічного стану конструкцій реалізовані в програмному середовищі MATLAB і описані в [6].

### Висновки

Експертні системи з нечіткою логікою надають можливість вирішувати задачі: набуття, накопичення та збереження експертних знань в процесі діагностування. Реалізація експертної системи підтримки прийняття рішень, яка здатна забезпечити формалізацією логічної схеми виведення правил для оцінки категорії ТС, дозволить автоматизувати оцінювання технічного стану конструкцій в тих випадках, коли детермінована модель їх руйнування складна для практичного використання або відсутня.

Впровадження описаної системи сприяє:

- підвищенню ефективності та швидкості оцінювання категорії технічного стану конструкцій;
- зниженню ризику прийняття необ'єктивних рішень при визначенні заходів забезпечення експлуатаційної придатності, надійності та безпеки



об'єктів будівництва в цілому, що пов'язаний з невизначеністю різного характеру;

– зниженню витрат на проведення додаткових випробувань і ризиків розвитку неконтрольованих дефектів після проведення цих випробувань.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку нечітких моделей та методів моделювання багатofакторного впливу випадкових навантажень на технічний стан будівельних конструкцій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Недосека А.Я. Об оценке надежности эксплуатирующихся конструкций (состояние вопроса и перспективы развития) / А.Я. Недосека, С.А. Недосека // *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. – 2010, №2, С. 7-17.

2. СТТУ БС 01-03: Стандарт асоціації незалежних експертів України "Укрексперт". Обстеження і оцінка технічного стану будівель та споруд. Організація і виконання робіт. – 2003. – 37 с.

3. Ротштейн А.П. Диагностика на базі нечітких відношень в умовах невизначеності / Ротштейн А.П. // *Вінниця: УНІВЕРСУМ*, 2006. – 275с.

4. Савин С.Н. Результаты динамического мониторинга конструкций большого пролета из сборного железобетона / С.Н. Савин, И.В. Ситников // *Будівельні конструкції*. – К.: 2011. – Вып. 74. – Книга 2. – С. 424-432.

5. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: ТГУ, 2000. – 352 с.

6. Terenchuk S., Yeremenko B., Sorotuyk T. Implementation of intelligent information technology for the assessment of technology for condition of building structures in the process of diagnosis. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5/3(83), 2016, pp. 30-39.

7. Єременко Б.М. Моделювання інтелектуальної системи для діагностики технічного стану об'єктів будівництва / Б.М. Єременко // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. – 2015. – № 1/2 (21). – С. 44-48.

8. Михайленко В.М. Обработка экспериментальных результатов работы экспертной системы для задачи диагностики технического стану будівель / В.М. Михайленко, О.О. Терентьев, Б.М. Єременко // *Строительство, материаловедение, машиностроение*. – 2014. – Вып. №78. – С. 190-195.

УДК 005.8; 658.3

*Водолазкіна К. О., аспірант, ЗНТУ,  
м. Запоріжжя  
Доненко В. І., д.т.н., проф., ЗНТУ,  
м. Запоріжжя*

### МОТИВАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ КОМАНДИ ПРОЕКТУ

#### АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто проблему мотивації колективу команди, що реалізує будівельний проект в сучасних умовах підрядного будівництва. Запропоновано підхід оцінки та аналізу мотивації, який описує комплекс заходів щодо виявлення системних проблем в колективі, особистих потреб кожного члена команди окремо, з метою їх своєчасного усунення та підвищення ефективності роботи та якості виконання проектів. Підхід дозволяє сформувати статистичний звіт за категоріями показників та оцінити рівень мотивації. Отримані дані можуть бути використані для подальшого прийняття стратегічних управлінських рішень з оптимізації роботи колективу.

Ключові слова: мотивація команди, проектна команда, критерії мотивації, ефективність роботи.

#### Вступ

Забезпечення будівельної організації чи підприємства висококваліфікованими кадрами, які мають реалізовувати будівельні проекти завжди є першочерговою задачею, що стоїть перед керівництвом. Формування команди проекту та її мотивація до якісного та своєчасного виконання проекту в умовах обмежених ресурсів актуальна на будь-якій фазі його реалізації [1].

Найбільш поширеним методом мотивації співробітників, що може бути застосовано для членів команд з реалізації будівельних проектів є грошовий, тобто вважається, що чим більше рівень заробітної плати у співробітника, тим більше його мотивація до праці [2]. У процесі досліджень психології людських відносин на робочому місці було з'ясовано, що не тільки фінансові заохочення дають стимул співробітникам компанії до роботи. Існує ще дуже багато факторів, які формують мотивацію. Так, наприклад, позитивну роль у продуктивній роботі відіграє наявність комфортного