



УДК 004.91:004.891.3



**ЄРЕМЕНКО Б.М.**

Канд. технічних наук, доц., Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: erembm@ukr.net, тел.: +38 (098) 954-02-13, ORCID: 0000-0002-3734-0813



**ТЕРЕНЧУК С.А.**

Канд. фізико-мат. наук, доц., Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: terenchuksa@ukr.net, тел.: +38 (067) 508-96-38, ORCID: 0000-0002-7141-6033



**КАРТАВИХ С.М.**

Керівник інж.-техн. підрозділу, ТОВ «ДИМ», м. Київ, Україна, e-mail: s.kartavyh@dim-bud.ua, тел.: +38 (067) 290-83-08, ORCID: 0000-0003-2287-4297



**НАСІКОВСЬКИЙ О.В.**

Керуючий партнер, ТОВ «ДИМ», м. Київ, Україна, e-mail: avnukraina@gmail.com, тел.: +38 (050) 462-29-19, ORCID: 0000-0002-7787-3817

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ЗНАТЬ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАТЬ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

### АНОТАЦІЯ

**Вступ.** Планування і виконання будівельних, будівельно-ремонтних робіт і робіт із реконструкції будівель і споруд в умовах ущільненої забудови, має ряд ознак, які є характерними для слабо структурованих задач. Даний клас задач набуває масового характеру і потребує розроблення і впровадження нових методів і засобів їх вирішення, що дозволять підвищувати рівень автоматизації, надійність і швидкість процесу прийняття рішень на різних стадіях забезпечення передумов надійності та безпеки будівель і споруд. При цьому особливої актуальності набуває задача інтелектуалізації систем підтримки прийняття рішень, які призначені для оцінювання технічного стану залізобетонних конструкцій.

**Мета.** Дослідження оцінок технічного стану залізобетонних конструкцій та формалізація експертних знань і досвіду, на основі яких формується база знань системи оцінювання.

**Методика.** Узагальнений експертний досвід формалізується у вигляді нечітких моделей і правил для оцінювання стану конструкцій будівлі, що функціонує в умовах невизначеності різного характеру. Правила будуються на основі співставлення оцінок технічного стану реальних конструкцій з урахуванням впливів випадкових факторів середовища.

**Результати досліджень.** Формалізовані суттєві параметри деградації та фактори впливу зовнішнього середовища, з яких будується вектор вхідних да-

них для нечітких моделей і правил, що призначені для застосування в інтелектуальних діагностичних системах і системах підтримки прийняття рішень при забезпеченні передумов надійності та безпеки об'єктів будівництва на різних стадіях їх життєвого циклу.

**Наукова новизна.** Аналіз науково-технічних досліджень та експертних оцінок використано для специфікації моделей, на основі яких реалізується нечітке виведення в системах правил нечітких продукцій на кожному етапі дослідження конструкцій.

**Висновки.** Формалізовані знання та досвід, що отримані при діагностуванні конструкцій з дефектами і пошкодженнями різного характеру призначені для застосування в автоматизованих системах підтримки прийняття рішень при створенні відповідної технічної документації на стадії передпроектної підготовки реконструкції будівлі та можуть бути використані при виборі конструктивного рішення в процесі проектування об'єктів-аналогів. Інтеграція системи оцінювання технічного стану будівельних конструкцій в системи автоматизації проектувальних робіт дозволяє суттєво знизити ризики впливу людського фактору, що пов'язані з помилками специфікації моделей для прогнозування на великі проміжки часу.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** залізобетонна конструкція, оцінка, технічний стан, база знань.



## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**ЕРЕМЕНКО Б.М.** Канд. технических наук, доц., Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, e-mail: erembm@ukr.net, тел.: +38 (098) 954-02-13, ORCID: 0000-0002-3734-0813

**ТЕРЕНЧУК С.А.** Канд. физико-мат. наук, доц., г. Киев, Украина, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, e-mail: terenchuksa@ukr.net, тел.: +38 (067) 508-96-38, ORCID: 0000-0002-7141-6033

**КАРТАВЫХ С.Н.** Руководитель инженерно-технического подразделения, ООО «ДИМ», г. Киев, Украина, e-mail: s.kartavyh@dim-bud.ua, тел.: +38 (067) 290-83-08, ORCID: 0000-0003-2287-4297

**НАСИКОВСКИЙ А.В.** Управляющий партнер, ООО «ДИМ», г. Киев, Украина, e-mail: avnukraina@gmail.com, тел.: +38 (050) 462-29-19, ORCID: 0000-0002-7787-3817

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Планирование и выполнение строительных, ремонтно-строительных работ и работ по реконструкции зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки имеет ряд признаков, характеризующих слабо структурированные задачи. Данный класс задач приобретает массовый характер и требует разработки и внедрения новых методов и средств их решения, позволяющих повысить уровень автоматизации, надежность и скорость процесса принятия решений на ранних стадиях обеспечения предпосылок надежности и безопасности зданий и сооружений. При этом особую актуальность приобретает задача интеллектуализации систем поддержки принятия решений, которые предназначены для оценки технического состояния железобетонных конструкций.

**Цель.** Исследование оценок технического состояния железобетонных конструкций и формализация экспертных знаний и опыта, на основе которых формируется база знаний системы оценивания.

**Методика.** Обобщенный экспертный опыт формализуется в виде нечетких моделей и правил для оценки состояния конструкций здания, которое функционирует в условиях неопределенности и рисков различного характера. Правила строятся на основе оценок технического состояния реальных конструкций с учетом влияния случайных факторов среды.

**Результаты.** Формализованы существенные параметры деградации и факторы влияния внешней среды, из которых строится вектор входных данных для нечетких моделей и правил, формирующих базу знаний интеллектуальных систем диагностики и систем поддержки принятия решений при оценке технического состояния конструкций на различных стадиях жизненного цикла строительных объектов.

**Научная новизна.** Анализ научно-технических исследований и экспертных оценок использован для спецификации моделей, на основе которых реализуется нечеткий вывод в системах правил нечетких продукций на каждом этапе обследования конструкций.

**Выводы.** Формализованные знания, которые приобретаются при диагностике поврежденных конструкций, предназначены для применения в автоматизированных системах поддержки принятия решений при разработке технической документации на стадии предпроектной подготовки реконструкции здания. Полученный опыт может использоваться при выборе конструктивного решения в процессе проектирования объектов-аналогов. Интеграция системы оценивания технического состояния строительных конструкций в системы автоматизации проектных работ позволяет существенно снизить риски человеческого фактора, связанные с ошибками спецификации моделей для прогнозирования на длительные промежутки времени.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** железобетонная конструкция, оценка, техническое состояние, база знаний.

## EMPLOYMENT OF EXPERT KNOWLEDGE TO FORMATION OF THE KNOWLEDGE BASES OF THE ASSESSMENT SYSTEM OF TECHNICAL CONDITION OF BUILDING CONSTRUCTIONS

**YEREMENKO B.M.** PhD, Ass. Prof., Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: erembm@ukr.net, тел.: +38 (098) 954-02-13, ORCID: 0000-0002-3734-0813

**TERENCHUK S.A.** PhD, Ass. Prof., National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: terenchuksa@ukr.net, тел.: +38 (067) 508-96-38, ORCID: 0000-0002-7141-6033

**KARTAVYKH S.M.** Head of engineering techn. unit, DIM, Limited Liability Company, Kyiv, Ukraine, e-mail: s.kartavyh@dim-bud.ua,

тел.: +38 (067) 290-83-08, ORCID: 0000-0003-2287-4297

**NASIKOVSKY O.V.** Managing partner, DIM, Limited Liability Company, Kyiv, Ukraine, e-mail: avnukraina@gmail.com,

тел.: +38 (050) 462-29-19, ORCID: 0000-0002-7787-3817

### ABSTRACT

**Introduction.** Planning and implementation of construction, construction and repair work and reconstruction of buildings and structures in compact planning conditions has a number of features which are specific for poorly structured tasks. This class of tasks acquires a mass character and requires the development and implementation of new methods and tools for their solution that allow to increase the level of automation, reliability and speed of the decision-making process in the early stages of ensuring the preconditions for the reliability and safety of buildings and structures. In this connection, the problem of intellectualization of decision support systems intended for diagnostics of reinforced concrete structures.



**Goal.** Research of assessments of technical conditions of reinforced concrete structures and formalization of expert knowledge and experience, on the basis of which the knowledge base of the assessment system is formed.

**Methodology.** The generalized expert experience is formalized in the form of fuzzy models and rules for assessing the state of the structure of a building functioning in conditions of uncertainty and risks of a different nature. The rules are based on assessments of the technical condition of real structures, taking into account the influence of random environmental factors.

**Results.** The essential parameters of degradation and environmental factors from which the input data vector is constructed for fuzzy models and rules intended for use in intelligent diagnostic systems and decision support systems when assessing the technical state of structures at various stages of the life cycle of a construction object are formalized.

**Scientific novelty.** The analysis of scientific and technical studies and structural state assessments is used to specify the models on the basis of which a fuzzy inference is realized in the fuzzy product rules systems at each stage of the structural condition survey.

**Conclusions.** Formalized knowledge that is acquired in the diagnosis of damaged structures is intended for use in automated decision support systems when developing technical documentation at the stage of pre project preparation of a building reconstruction. The obtained experience can be used when choosing a constructive solution in the process of designing analogical objects. Integration of the system for assessing the technical condition of building structures in the automation systems of design works can significantly reduce the human factor risks associated with errors in the specification of models for long-term forecasting.

**KEY WORDS:** reinforced concrete structures, assessment, technical condition, knowledge.

## ВСТУП

Планування і виконання будівельних, будівельно-ремонтних робіт і робіт із реконструкції будівель і споруд (особливо в умовах ущільненої міської забудови) має ряд ознак, які характеризують слабо структуровані задачі, що планується розв'язувати в майбутньому. В процесі розв'язання таких задач, зазвичай, виникає широкий набір альтернатив розподілу комбінованих ресурсів, а прийняття рішень супроводжується ризиками, що пов'язані з порушенням вимог до вартості або часу виконання робіт та зміною впливів як на внутрішнє, так і на зовнішнє середовище.

При структуризації проблеми деякі умови задачі набувають кількісних значень, що надає можливість розв'язувати задачі чисельними методами з застосуванням систем автоматизації проектувальних робіт. Прийняття оптимального за призначеними критеріями проектного рішення в умовах зростання обсягу інформації, яка змінюється під впливом зовнішніх чинників, і кількості варіацій при проектуванні – складне завдання, що вирішується

шляхом порівняння різних альтернатив. Проблема найкращого вибору, як правило, постає ще на стадіях передпроектної підготовки та проектування і характеризується невизначеністю різного характеру. Проте, саме рішення, що приймаються на даних стадіях, в значній мірі визначають надійність проекту, вартість будівництва та утримання будівлі.

Даний клас задач набуває масового характеру і потребує розроблення і впровадження нових методів і засобів їх вирішення, що дозволить підвищити рівень автоматизації, надійність і швидкість процесу прийняття рішень на ранніх стадіях забезпечення передумов надійності та безпеки будівель і споруд. У зв'язку з цим, особливої актуальності набула задача інтелектуалізації систем підтримки прийняття рішень, які призначені для технічної діагностики залізобетонних конструкцій [1].

Представлена стаття містить аналіз науково-технічних оцінок, які є частиною досліджень, що здійснюються в напрямку впровадження передових технологій в процеси проектування, будівництва, реконструкції об'єктів підвищеної складності та оцінки впливу середовища, на об'єкти, що експлуатуються в складних геолого-фізичних умовах і умовах ущільненої забудови [3].

## МЕТА

Метою роботи є дослідження оцінок технічного стану несучих залізобетонних конструкцій та формалізація експертних знань і досвіду, на основі яких формується база знань системи оцінювання.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасна практика проектування виявила зростання кількості задач, які пов'язані з виконанням робіт із реконструкції та посилення існуючих залізобетонних конструкцій.

Серед причин, що зумовлюють необхідність проведення будівельно-ремонтних робіт і робіт із реконструкції, виділяють зміни [2, 3]:

- фізико-механічних властивостей матеріалів або характеристик перерізів елементів внаслідок корозійного зносу і накопичення дефектів та пошкоджень;
- параметрів об'єкта будівництва в цілому або його окремих конструкцій при перебудові існуючого каркаса чи зміні параметрів технологічних навантажень.

Врахування натурних даних щодо процесів деградації матеріалів і конструкцій, які отримують в процесі діагностування їх технічного стану, є необхідною умовою визначення граничних станів та заходів для забезпечення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій в майбутньому. Проте, реалізація і впровадження в будівельній галузі інтелектуальних діагностичних систем і технологій значно обмежена низкою проблем, які пов'язані з набуттям, систематизацією, ідентифікацією та формалізацією даних щодо технічного стану конструкцій, що виготовлені в різний час і





функціонують у різних умовах [4]. При реалізації систем оцінювання технічного стану залізобетонних конструкцій до зазначених проблем додаються проблеми, що пов'язані з гетерогенною структурою бетону. Процеси руйнування такої структури залежать від суперпозиції великої кількості внутрішніх факторів, ступінь впливу кожного з яких визначається станом зовнішнього середовища, яке в умовах ущільненої міської забудови характеризується невизначеністю і ризиками різного характеру.

Зазначені особливості значно ускладнюють ідентифікацію та систематизацію дефектів і пошкоджень залізобетонних конструкцій і прогнозування характеру та динаміки процесів деградації. Підхід, в основу якого покладено моделі і методи нечіткої математики, надає можливість формувати базу знань для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі співставлення результатів обстеження об'єкта будівництва з результатами моніторингу середовища в режимі реального часу. Але розроблення і застосування нечітких правил неможливі без формалізації знань експертів, що здійснюють оцінку технічного стану конструкцій, і урахування досвіду проектувальників та будівельників, які готові надавати цей досвід для розроблення моделей і методів, на основі яких формується база знань подібних систем [4 – 6].

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Робота виконана на підставі аналізу експертних оцінок технічного стану та експлуатаційної придатності несучих конструкцій будівлі. Обстеження та оцінювання технічного стану конструкцій на предмет можливості надбудови проведені спільно фахівцями групи компаній девелоперсько-будівельного холдингу повного циклу – «ДІМ» та Державного підприємства «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». Дослідження призначені для розв'язання задач забезпечення передумов надійності та безпеки будівництва і подальшої експлуатації несучих залізобетонних конструкцій будівель, поруч з якими заплановане зведення нових об'єктів (рис. 1).

При обстеженні та оцінюванні, окрім графічного оформлення результатів (рис. 1), виконували фото фіксацію дефектів і пошкоджень (рис. 2), підвалу, графічне зображення якого представлено на рис. 1.

Фотографії і рисунки супроводжуються текстовою

інформацією, що містить чіткі та нечіткі характеристики параметрів дефектів і пошкоджень, які були зафіксовані при обстеженні будівлі в цілому та її окремих конструкцій.

Наприклад, представлені на рис. 1, 2 фрагменти є частиною інформації, що відображає стан підвалу, при обстеженні якого зафіксовано:

- руйнування захисного шару бетону, оголення та корозія арматури на ділянках перекриття загальною площею 40,0 м<sup>2</sup>;
- суцільна поверхнева та пластична корозія швелерів та металевих балок перекриття;
- сліди зволоження, висоли, грибок, руйнування оздоблювального та штукатурного шарів на ділянках стін загальною площею 30,0 м<sup>2</sup>.

За результатами аналізу дефектів і пошкоджень, які виявлені при обстеженні будівлі в цілому, відповідно до експертних висновків встановлено, що стіни та колони цегляної кладки, перекриття по дерев'яних балках, залізобетонні конструкції сходових площадок та маршів, плити балконів та сталеві балки перекриття із швелерів № 16 в коридорі підвалу знаходяться у задовільному стані, за виключенням монолітного залізобетонного перекриття, зовнішніх рейок та металевих балок із швелерів № 30 підвалу. Технічний стан підвалу визначено непридатним до нормальної експлуатації на підставі висновків щодо стану балок із швелерів № 30 та втрати поперечного перерізу стрижнів арматурної сітки в межах 5 – 100% внаслідок впливу фізико-хімічних факторів середовища (рис. 2). За несучою здатністю та експлуатаційними властиво-

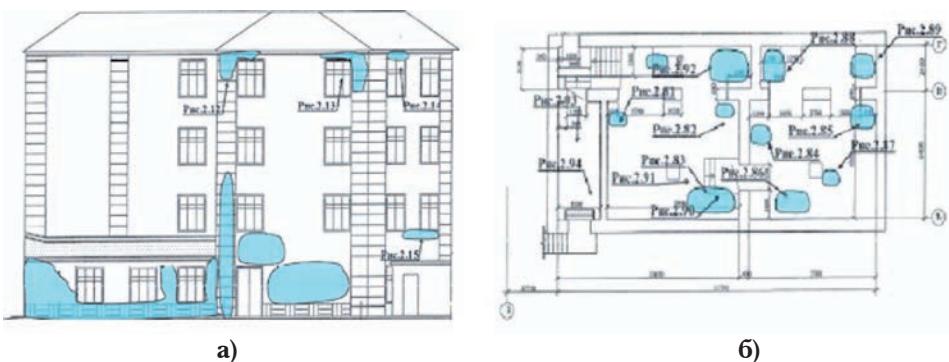


Рис. 1. Фрагменти обстеження будівлі, з фіксацією дефектів та пошкоджень: а) – фасад в осях А – Е; б) – план підвалу

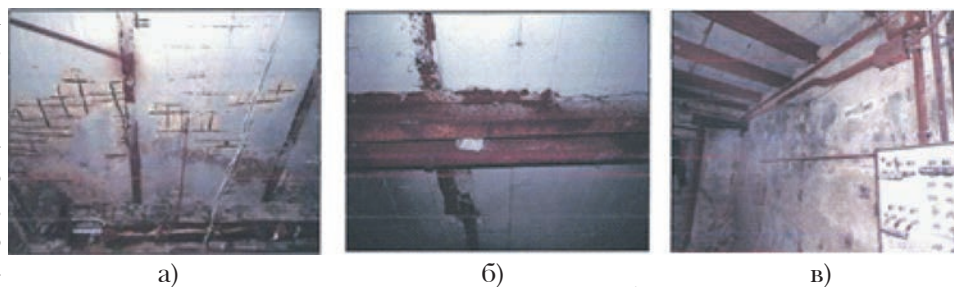


Рис. 2. Фото – фрагменти стану підвалу:

- а) руйнування захисного шару бетону, суцільна поверхнева та пластична корозія арматури, руйнування окремих стрижнів перекриття;
- б) суцільна поверхнева та пластична корозія швелерів; в) сліди зволоження, висоли, грибок, руйнування оздоблювального та штукатурного шарів



стями технічний стан конструкцій визначали за [4].

Прийняття рішень щодо подальшої експлуатації будівельних конструкцій, які мають дефекти та пошкодження чи перебувають під дією критичних навантажень і впливів, визначають за сукупністю цих дефектів і пошкоджень згідно з чинними нормативними документами на основі результатів прогнозування характеру розвитку та ступеня небезпеки дефекту в певних умовах та з урахуванням особистого досвіду експертів. Таким чином, технічний стан об'єкта будівництва в цілому визнано задовільним, оскільки наявність окремих будівельних конструкцій з такою категорією технічного стану, як «непридатний до нормальної експлуатації», впливають на довговічність будівлі та потребують проведення будівельно-ремонтних робіт, але не обмежують його використання за призначенням.

При розробленні рекомендацій щодо проведення реконструкції існуючої будівлі розрізняють поняття «деградація елементів конструкцій» і «деградації конструкційних матеріалів».

Деградація елемента конструкції – накопичення корозійних та механічних дефектів, які зумовлюють зниження його несучої здатності. Надалі деякі з них усувають під час ремонту, а інші враховують при виборі конструктивного рішення будівлі в процесі проектування. При цьому, напружено-деформований стан елемента з дефектами і його ресурс визначають за вихідними механічними характеристиками матеріалів [3].

Деградація елемента конструкції характеризується параметрами дефектів і пошкоджень, приклад формалізації яких представлено в табл. 1.

Іншою причиною зміни експлуатаційних характеристик будівельних конструкцій є деградація матеріалів впродовж тривалої експлуатації в різних умовах. Для врахування кінетики змін властивостей матеріалів, множину параметрів руйнування доповнено множиною параметрів впливу середовища, в якому експлуатується певний об'єкт [4].

Моніторинг середовища здійснюють за навантаженнями та впливами [3,7], які призводять до зміни напружено-деформованого стану конструкції (табл. 2).

Основні етапи формування бази знань системи оцінювання показані на рис. 3.

Із рисунку видно, що формування бази знань системи є частиною технології оцінювання технічного стану конструкцій на

Таблиця 1. Приклад формалізації параметрів деградації елемента конструкції

Дефекти і пошкодження	Терми лінгвістичної оцінки
$y_1$ – руйнування захисного шару бетону	немає (н); незначне (нз); суттєве (ст);
$y_2$ – сліди замокання або промерзання бетону	немає (н); незначне (нз); суттєве (ст);
$y_3$ – луцнення поверхні бетону	немає (н); незначне (нз); суттєве (с)
$y_5$ – прогин плит	немає (н); незначний (нз); суттєвий (с);
$y_7$ – корозія арматури	відсутня (кв); окремих стрижнів (кос); суцільна поверхнева (ксп); пластична (пка);
$y_9$ – місце розташування ознак деградації	біля опор (бо); в швах між плитами (шп); в полках плит (пп); вздовж арматури (ва); на ділянці перекриття (дп);

Таблиця 2. Приклад формалізації параметрів впливу середовища на швидкість руйнування залізобетонних конструкцій

Параметри впливу	Терми лінгвістичної оцінки
$y_{12}$ – вплив корозії	відсутній (н); несуттєвий (нс); середній (се); суттєвий (ст)
$y_{14}$ – вплив вібрацій	немає (н); несуттєвий (нс); суттєвий (ст)
$y_{15}$ – вплив вологості	відсутній (н); несуттєвий (нс); середній (се); суттєвий (ст)
$y_{16}$ – вплив замокання	відсутній (н); повільний (пт); середній (се); суттєвий (ст)
$y_{17}$ – вплив температури	відсутній (н); повільний (пн); середній (се); суттєвий (ст)
$y_{13}$ – вплив навантажень з боку надбудови	предмет подальших досліджень



Рис. 3. Схема формування бази знань системи оцінювання технічного стану будівельних конструкцій



основі результатів діагностування та дослідження узагальнених експертних знань, а термін «оцінювання» використовується в даній роботі для визначення характеристик ймовірного стану конструкцій при діагностуванні чи прогнозуванні, тобто в теперішньому чи майбутньому часі, відповідно. Здобуття, накопичення і систематизація реальних даних для формування бази знань системи оцінювання передбачається на стадіях утримання та виведення об'єкта будівництва з експлуатації [8].

Накопичені знання застосовують при прийнятті конструктивних рішень та формуванні календарного графіка виконання будівельно-монтажних робіт за проектом на різних стадіях життєвого циклу даного об'єкта або об'єкта-аналога (рис. 4).

Формалізація даних та виведення правила, що формують базу знань системи оцінювання, формалізуються розробниками моделей на основі співставлення експертних оцінок з результатами моніторингу відповідних факторів впливу середовища і ґрунтуються на врахуванні ступеня відхилень класифікаційних ознак технічного стану конструкцій від нормативних значень, швидкості деградації та характеру впливу середовища [5, 8].

В табл. 3 представлено фрагмент бази знань діагностичних параметрів технічного стану залізобетонних балок.

Кожен стовпчик ( $Y_j$ ) табл. 3 відповідає пев-

ним термам лінгвістичних змінних, що описують діагностичні параметри деградації та впливу середовища, що визначаються при оцінюванні будівельних конструкцій, стан яких оцінюється термами: нормальний (Н); задовільний (З); непридатний до нормальної експлуатації (Не) та аварійний (А). Кожен рядок таблиці відповідає нечіткому правилу, зв'язок між змінними якого здійснюється із залученням логічної операції «та» (&).

Принцип роботи системи та алгоритм нечіткого виведення визначено в [7, 8]. Специфікацію моделей здійснювали для залізобетонних конструкцій, що тривалий час функціонували в умовах щільної міської забудови. Правила можуть бути використані експертами для оцінювання технічного стану об'єктів-аналогів, а також для навчання штучних нейронних мереж. Перспективи впровадження штучних нейромереж різної архітектури в систему оцінювання технічного стану залізобетонних конструкцій досліджено в [9].

### ВИСНОВКИ

1. За результатами проведених досліджень виявлено та формалізовано суттєві параметри деградації і фактори впливу зовнішнього середовища, з яких формується вектор вхідних даних для нечітких моделей і правил, що необхідні для прогнозування технічного стану конструкцій при створенні відповідної технічної документації на стадії передпроектної підготовки реконструкції будівлі.

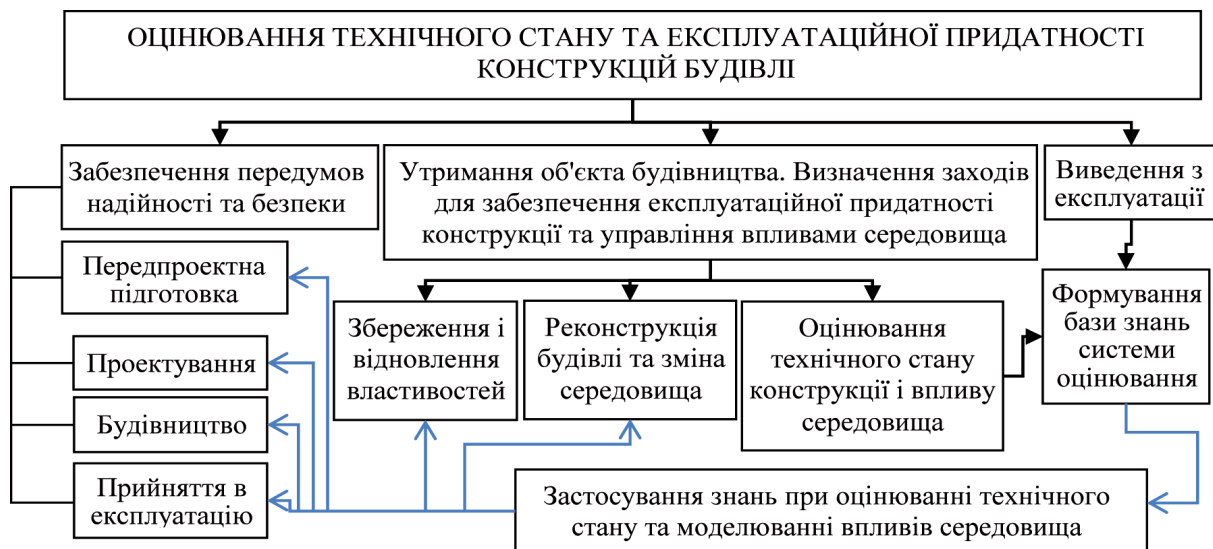


Рис. 4. Впровадження системи оцінювання технічного стану будівельних конструкцій в процес управління параметрами надійності та безпеки конструкцій будівлі

Таблиця 3. Фрагмент бази знань параметрів деградації будівельних конструкцій

Вид конструкції	Номер правила	Кількість елементів	Операція	Параметри стану								Терм стану
				$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_5$	$Y_7$	$Y_9$	$Y_{14}$		
1	2	20	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
залізобетонні конструкції	7	20	&	н	нз	нз	нз	кв	-	нс	Н	
	8	20	&	нз	нз	нз	нз	кос	шп	нс	З	
перекриття із швелера №30	22	20	&	ст	ст	нз	ва	спк	шп	се	Не	
	25	20	&	ст	ст	ст	ст	пка	ва	ст	А	





2. Експертний досвід оцінювання конструкцій з дефектами і пошкодженнями різного характеру може бути використано при виборі конструктивного рішення на стадії проектування об'єктів-аналогів.
3. Застосування знань, що набуті за результатами дослідження експертного досвіду оцінювання технічного стану несучих залізобетонних конструкцій, дозволяє суттєво знизити ризики прогнозування, що пов'язані з помилками специфікації першого роду.
4. Реалізація програмних засобів, що функціонують на основі нечітких моделей, надає можливість підвищити рівень автоматизації експертних систем оцінювання технічного стану будівельних конструкцій та впливу середовища на їх технічний стан в умовах невизначеності, коли детерміновані моделі складні, або не придатні для практичного використання.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Terentyev O. & Poltorak O. Development of models and methods for determining the physical deterioration of items for the task of diagnostics of technical condition of buildings and structures. *Science Rise*, 2016. - Vol. 8/2(25). - P. 14-19.
2. Система надійності та безпеки в буд-ві. Буд-во в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки: ДБН В. 1.2-12-2008. - [Чинні від 2009-01-01]. - Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2009. - 34 с. - (Державні буд. норми України).
3. Система забезпечення надійності та безпеки буд. об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В. 1.2.-2.:2006. - [Чинні від 2007-01-01]. - Київ: Сталь, 2007. - 60 с. - (Державні буд. норми України)
4. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. - [Чинний від 2017-04-01]. - Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2017. - 45 с. - (Національний стандарт України).
5. 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.
6. Sarycheva L.V. Objective Cluster Analysis of Data Based on GMDH. *J. of Automation and Inform. Sciences*, 2008. - Vol. 40/4. - P. 28-48.
7. Теренчук С.А. Оцінювання технічного стану будівельних конструкцій на основі нечіткого виведення / С.А. Теренчук, Б.М. Єременко, А.О. Пашко // Буд. виробництво. - 2016. - № 61/2016. - С. 23-31.
8. 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 Europ. J. of Enterprise Technologies*, 2016. - Vol. 5/3(83). - P. - 30-39.

9. Теренчук С.А. Аналіз здатності штучних нейромереж до розв'язання задач оцінювання технічного стану будівельних конструкцій / С.А. Теренчук, Н.І. Полторащенко, Ю.В. Кошарна // Буд. виробництво. - 2016. - № 63/1/2017. - С. 85-90.

#### REFERENCES

- 1 Terentyev O. & Poltorak O. Development of models and methods for determining the physical deterioration of items for the task of diagnostics of technical condition of buildings and structures. *Science Rise*, 2016. - Vol. 8/2(25). - P. 14-19 [in English].
- 2 System of reliability and safety in the construction engineering. Bud-under conditions of condensed building. (2009). DBN V.1.2-12-2008. - [Effective from 01<sup>st</sup> January 2009]. - Kyiv: State Enterprise «Ukrarhbudinform». - 34 p. - (State construction norms of Ukraine).
- 3 System of reliability and safety of construction objects. Load and impact. Design standards. (2007). DBN V 1.2.-2.2006. - [Effective from 01<sup>st</sup> January 2007]. - Kyiv: State Enterprise «Ukrarhbudinform». - 60 p. - (State construction norms of Ukraine).
- 4 Guidelines for the inspection of buildings and structures for the determination and assessment of their technical condition. (2017). DSTU-N B V.1.2-18: 2016. - [Effective from 01<sup>st</sup> April 2007]. - Kyiv: State Enterprise «Ukrarhbudinform». - 45 p. - (National standard of Ukraine).
- 5 Sarycheva L.V. Objective Cluster Analysis of Data Based on GMDH // *J. of Automation and Inform. Sciences*, 2008. - 40/4. - P. 28-48 [in English].
- 6 Yeremenko B.M. Modeling intellectual system for diagnostics of technical state of construction, Technology of production and reserves audit, 2015, vol. 1/2, no. 21. - P. 44-48 [in Ukrainian].
- 7 Terenchuk S.A., Yeremenko B.M. & Pashko A.O. Assessment of the technical condition of building structures on the basis of fuzzy inference. *Building production*, 2016. - № 61/2016. - P. 23-31 [in Ukrainian].
- 8 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 Europ. J. of Enterprise Technologies*, 2016. - Vol. 5/3(83). - P. 30-39 [in English].
- 9 Terenchuk S.A., Poltorachenko N.I. & Kosharna Y.V. Analysis of the ability of artificial neural networks to solve problems of assessing the technical condition of building structures. *Building production*, 2016. - № 61/2017. - P. 85-90 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 04.09.2017.