

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи БОРОДИНИ Віталія Віталійовича на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» галузі знань «Інформаційні технології» за темою: «Інформаційна інтелектуальна система діагностики технічного стану будівель»**

**Актуальність теми та її зв'язок з планами наукових робіт установи.**

При експлуатації будь-якої складної технічної системи, в тому числі будівельного об'єкта, потрібна регулярна діагностика її стану для виключення негативних наслідків.

Проблема діагностування технічного стану будівель розглядається в державі, як соціально-економічна, що потребує відповідних науково-технічних заходів. Цей напрямок дослідження відповідає постанові Кабінету Міністрів України "Про забезпечення надійності й безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж" від 05 травня 1997 року № 409 та розпорядженню Кабінету Міністрів України "Про заходи щодо підсилення контролю за проектуванням, новим будівництвом, реконструкцією, капітальним ремонтом та експлуатацією будинків і споруд" № 100-р від 01 березня 2004 р.

Часто рішення щодо технічного стану будівельного об'єкта доводиться приймати в короткий період часу в умовах невизначеності, що спричинена недостатністю або суперечливістю вхідної інформації. Ці рішення ґрунтуються на експертних оцінках, тобто на думках фахівців, що ґрунтуються на спеціальних знаннях і досвіді. Для ефективного вирішення цієї проблеми, розширення професійних можливостей фахівців доцільною є автоматизація процесу формування висновків в процесі прийняття рішень з використанням математичного моделювання та сучасних обчислювальних технологій.

За результатами вивчення наукових джерел за проблематикою дослідження теоретичних засад щодо побудови інформаційних інтелектуальних систем діагностики технічного стану будівель і аналітичного забезпечення їх функціонування, описаних науковцями, серед яких: Ноч Е., Чанас С., Перелмутер А., Ротштейн А., Бідюк П.І., Барабаш М.С., Бушуєв С.Д., Бідюк П.І., Городецький О.С., Григоровський П.Є., Горда О.В., Коваленко І.І., Клименко Є.В., Лантух-Лященко А.І., Левикін В.М., Литвиненко О.Є., Ляшенко А.А., Михайленко В.М., Павлов О.А., Панкевич О.Д., Пасько Р.М., Слободян Я.О., Січко Т.В., Терентьєв О.О., Теленик С.Ф., Теренчук С.А., Томашевський В.М., Ходаков В.Є., Цюцюра С.В., Цюцюра М.І., Штовба С.Д., визначено: відсутність єдиної методології побудови інформаційної інтелектуальної системи діагностики технічного стану будівель; відсутність моделей та методів, які б надали можливість забезпечити ефективне функціонування

інформаційних систем діагностики технічного стану будівель, забезпечити високу точність прийняття рішень щодо їх стану; відсутність єдиної інформаційної бази даних, яка б надала можливість порівнювати результати діагностики технічного стану будівельних об'єктів, спостерігати динаміку старіння, систематизувати висновки про технічний стан будівель. А тому, розв'язання цих задач лишається **актуальним**, оскільки надає можливість забезпечити довготривалу та надійну експлуатацію будівель за рахунок підвищення ефективності своєчасного прогнозування технічного стану будівлі з використанням інформаційної інтелектуальної системи діагностики технічного стану будівель, робота якої заснована на адекватних моделях і методах.

Основним критерієм при прийнятті рішення про ступінь аварійності обстежуваного будівельного об'єкта є *категорія* технічного стану (*нормативний, працездатний, обмежено працездатний або аварійний*). Цей показник залежить від великої кількості *взаємопов'язаних* факторів, а його визначення вимагає глибоких знань в області будівництва і в значній мірі залежать від досвіду експерта. Статистика аварій будівельних об'єктів показує, що основні причини криються не стільки у фізичному зносі конструкцій, скільки в неправильній оперативній оцінці їх стану. Реалізація програмного забезпечення, що зосереджує в собі максимально можливу кількість евристичних знань висококваліфікованих фахівців необхідна для поліпшення якості експертних висновків. На шляху створення інтелектуальних інформаційних систем також є **актуальною** розробка математичних моделей придбання природно-мовних експертних знань і даних про ознаки технічного стану конструкцій для бази знань.

В основу роботи інтелектуальних систем покладено знання людини. При цьому оптимально формалізовані знання дозволяють користувачеві виробляти максимально об'єктивні рішення. До того ж робота комп'ютерних систем не залежить від настрою та інших суб'єктивних чинників, притаманних людині. А чисельні методи реалізації моделей прийняття рішень на основі теорії нечітких множин і нечіткої логіки дозволяють вирішувати неklasичні задачі, що характеризуються нестандартністю, суперечливістю, не достатньою формалізацією. Тому, без сумніву, розробка і вдосконалення систем, що ґрунтуються на знаннях, для такої складної практичної сфери діяльності, як обстеження і моніторинг конструкцій будівель і споруд є не тільки актуальною, а і своєчасною.

Дисертаційна робота виконувалась в рамках наукових досліджень на кафедрі інформаційних технологій проектування та прикладної математики Київського національного університету будівництва і архітектури. Дисертаційне дослідження пов'язане з науково-дослідними темами Державного підприємства «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» Мінрегіону України: Дослідження результатів діяльності будівельного комплексу, підготовка та видання щорічного збірника «Капітальне будівництво в Україні» (держ. реєстраційний № 0110U004532), Перегляд ДБН В.1.2-1-95 «Положення про розслідування причин аварій (обломів) будівель, споруд їх частин та конструктивних елементів» (держ. реєстраційний №

0113U006567), Перегляд ДБП А.2.2-4-2003 «Положення про авторський нагляд за будівництвом будинків і споруд» (держ. реєстраційний № 0113U006568), положення нормативних документів «Питання обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації будівель і споруд» (zareestr. в Міністерстві юстиції України за № 423/2863 від 06.07.1998 р.).

**Формулювання наукової задачі, нове вирішення якої одержано в дисертації.**

**Мета роботи** полягає в розробці математичних моделей для ідентифікації категорії технічного стану будівельних конструкцій та розробці на їх основі інтелектуальної експертної системи, що працює в умовах нечітких вихідних даних, отриманих при обстеженні будівельних об'єктів.

**Завдання дослідження:**

1. Аналіз існуючих математичних моделей, що використовуються для оцінки технічного стану будівельних конструкцій в системі забезпечення безпеки експлуатованих будівель, і технологій штучного інтелекту, які можуть бути використані при технічній діагностиці будівельних конструкцій і об'єктів в цілому для обґрунтування актуальності розробки нової математичної моделі для ідентифікації категорій технічного стану будівельних конструкцій.

2. Обґрунтування інтелектуального методу і можливості його використання в процесі прийняття раціональних рішень при оцінці технічного стану будівельних конструкцій.

3. Розробка інформаційної моделі структури бази знань експертної системи, що визначає алгоритм оцінки технічного стану будівельних конструкцій.

4. Розробка математичних моделей формування рішення для ідентифікації категорій, формалізації експертних знань і даних в базі знань системи для оцінки технічного стану будівельних конструкцій з урахуванням особливості інформації, що міститься в описі ознак дефектів і пошкоджень конструкцій.

5. Розробка і програмна реалізація експертної системи, що використовує математичні моделі для ідентифікації категорії технічного стану залізобетонних згинальних конструкцій.

6. Впровадження розробленої експертної системи для ідентифікації категорій технічного стану залізобетонних згинальних конструкцій в обстеження існуючих конструкцій.

**Методологія і методи дослідження.**

Теоретичну і методологічну основу досліджень становлять положення теорії нечітких множин, теорії споруд, теорії надійності, теорії залізобетону, методи експертних оцінок, методи аналізу ієрархій та штучного інтелекту.

**Об'єктом дослідження** в роботі є інформаційні інтелектуальні процеси діагностування будівель.

**Предметом дослідження** є методи, моделі та алгоритми оцінки технічного стану згинаючих конструкцій.

### **Наукові положення, розроблені особисто дисертантом та їх новизна.**

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у розробці моделей та методів відтворення продукційної діяльності експертів в інформаційній інтелектуальній системі діагностики технічного стану будівель.

#### **Вперше:**

1. Сформовано методологію побудови та ієрархічну структуру організації експертних знань для системи оцінки технічного стану будівельних конструкцій масового будівництва, що характеризується інформаційною універсальністю та здатністю до розширення за допомогою онтологічного системного аналізу.

2. Розроблено математичні моделі для формалізації вхідних даних (побудови функцій приналежності значень контрольованих параметрів до лінгвістичних оцінок) та експертних висновків про ознаки технічного стану конструкцій.

3. Запропоновані аналітичні засоби підвищення ефективності інформаційної інтелектуальної системи діагностики технічного стану будівель на основі штучних нейронних мереж, що дозволить розробити інформаційну технологію моніторингу і якісної оцінки технічного стану будівельних конструкцій та будівель і споруд в цілому, визначати систему організаційних, технологічних та матеріальних рішень, щодо подальшої безпечної експлуатації будівель.

#### **Удосконалено:**

1. Математичну модель нечіткого логічного висновку Мамдані в напрямку обчислення чіткого значення категорії технічного стану будівельних конструкцій.

2. Алгоритми та керуючі правила для оперативної оцінки технічного стану залізобетонних згинальних конструкцій масового будівництва.

3. Інформаційну технологію оцінки технічного стану будівель, яка на відміну від існуючих реалізує інформаційний процес в умовах стратегічного управління, тобто включає побудову вхідної бази даних щодо конструктивних і технічних ознак і параметрів будівельних конструкцій, моніторингу технічного стану, оперативного управління та прогнозування технічного стану об'єкта на всіх етапах життєвого циклу будівель, що підвищує ефективність роботи діагностичних систем.

#### **Дістало подальшого розвитку:**

1. Концепція розвитку онтології інформаційних інтелектуальних систем у напрямку визначення категорії технічного стану залізобетонних згинальних конструкцій».

2. Нечітко множинний підхід до моделювання евристичної діяльності фахівців при виконанні будівельно-технічної експертизи в напрямку підвищення надійності обґрунтування висновків експерта.

#### **Теоретична і практична значущість роботи.**

Теоретична значимість роботи полягає в розробці математичної моделі для ідентифікації категорії технічного стану будівельних конструкцій (на прикладі залізобетонних елементів, що згинаються) за нечіткими вихідними даними обстеження. Розроблена математична модель, заснована на апараті теорії нечітких множин, є

універсальною і може бути застосована для оцінки інших видів і типів конструкцій з різних матеріалів з урахуванням їх особливостей.

Практична значимість полягає в можливості використання розроблених алгоритмів і програм для підвищення ефективності, обґрунтованості та достовірності прийняття рішення про технічний стан будівельної конструкції.

**Достовірність результатів дослідження** підтверджується експертним досвідом та коректним застосуванням математичного апарату, що використовувався при побудові моделей, а також результатами комп'ютерних експериментів, що підтверджують адекватність запропонованих в роботі моделей і методів, які лежать в основі бази знань інформаційної інтелектуальної системи діагностики технічного стану будівель.

Положення, що виносяться на захист:

1. Інформаційна інтелектуальна система діагностики технічного стану будівель, що являє собою підсистему комплексної системи для обстеження об'єктів масового будівництва.

2. Методика побудови та ієрархічна структура організації експертних знань системи, що оперує нечіткою інформацією, для оцінки технічного стану будівельних конструкцій, що характеризується інформаційною універсальністю та здатністю до розширення онтології шляхом коригування структури штучних нейронних мереж.

3. Нечітка модель логічного висновку щодо категорії технічного стану конструкції.

4. Математичні моделі для формалізації вхідних даних про ознаки технічного стану конструкцій (для побудови функцій приналежності значень контрольованих параметрів до лінгвістичних оцінок).

5. Результати впровадження в процес обстеження будівель інформаційної інтелектуальної системи для оцінки категорії технічного стану елементів, що згинаються.

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, розробки та висновки дисертаційної роботи є результатом самостійно проведених автором досліджень у галузі інформаційних технологій діагностики технічного стану будівель з 2008 р. по 2021 р.

Особистий внесок автора підтверджується фаховими науковими публікаціями, в яких визначено особистий внесок автора в дослідженні інформаційної інтелектуальної системи діагностики технічного стану будівель.

1. Методи та моделі пошкодження автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва / Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., Доля О.В., Київська К.І., Азенко В.В., Бородиня В.В. // – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 38/2019, КНУБА, 2019. – С. 82–91.

2. Розроблення програмного забезпечення підсистеми інтелектуальної інформаційної технології діагностики технічного стану екологічних будівель / Терентьев О.О., Київська К.І., Доля О.В., Бородиня В.В. // – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 41/2020, КНУБА, 2020. С. 101-108.

3. Increasing efficiency of information system of complex security of buildings protection / Terentyev A.A., Gorbatyuk Ie.V., Serpinska O.I., Borodinya V.V. Eastern European Scientific Journal. 2021. Vol. 1, № 3 (67): Technical science. P. 24-28.

### Науково-практичні конференції

4. Горбатюк Є.В., Терент'єв О.О., Доля О.В., Бородиня В.В. Інформаційна модель руху розпушувального агрегату будівельної машини. Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019р. Дніпро, 2019. Т.1. С. 436-441.

5. Горбатюк Є.В., Терент'єв О.О., Доля О.В., Бородиня В.В. Оцінка недосконалостей будівельних конструкцій на основі нечітких множин. The 2nd International scientific and practical conference "Scientific achievements of modern society" (October 9-11, 2019) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2019. P.163-169.

6. Gorbatyuk Є.V., Terent'ev O.O., Rusan I.V., Serpinska O.I., Borodinya V.V. Formation of the basis of the rules that knowledge of the system and unclear vivodu with a well-defined technical standard will be built. World science: problems, prospects and innovations. The 7th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2021. 288-295. ISBN 978-1-4879-3793-5.

7. Terentyev O.O., Borodinya V.V., Kuzminsky O.V. Diagnostics of the anti-grain hazards. Eighth international scientific-practical conference «Management of the development of technologies». Kyiv National University of Construction and Architecture topic: "Information technology development of educational content» Kyiv, 26 – 27 March 2021. Abstracts. P101.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати наукових досліджень неодноразово доповідалися, обговорювалися і отримали позитивну оцінку на наукових конференціях, зокрема:

- I Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «БУД-МАЙСТЕР-КЛАС-2019» (Київ, 2019);

- науково-технічних конференціях в Державному підприємстві «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» Міністерства регіонального розвитку України, тема: «Обстеження, оцінка технічного стану комплексної безпеки будівель та споруд в сучасних умовах на рівні інформаційних технологій», 2017 р., 2018 р., м. Київ, ДП «НДІБВ».

### Публікації.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 7 друкованих праць, з них – 3 статей у фахових виданнях, серед яких 1– іноземна публікація; 4 – на науково-практичних конференціях. Авторський внесок у роботах з співавторами, розкритий у списку опублікованих праць за темою дисертації.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 150 найменувань, 2-х додатків. Робота викладена на 181 сторінках друкованого тексту. Основний зміст роботи представлено на 145 сторінках і містить 44 рисунки та 7 таблиць. Дисертація виконана на кафедрі інформаційних технологій проектування та прикладної математики Київського національного університету будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України.

Відповідність п. 10 Порядку проведення експерименту і присудження ступеню доктора філософії затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167. Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленої кваліфікаційної наукової праці на правах рукопису та виконано здобувачем особисто. Дисертація містить наукові положення, нові науково-практичні та теоретичні обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, що мають істотне значення в галузі інформаційних технологій, що підтверджуються документами, які засвідчують проведення таких досліджень, а також свідчать про особистий внесок здобувача в науку та характеризуватися єдністю змісту.

Дисертацію оформлено за вимогами передбаченими наказом МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації». Рекомендація дисертації до захисту. Учасники розширеного засідання зазначили, що подана дисертація за змістом відповідає паспорту спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Дисертаційна робота Бородині В.В. є завершеним науковим дослідженням, виконана на високому рівні, містить вирішення актуальної науково-прикладної задачі. Поставлені в роботі задачі, одержані наукові положення, висновки та рекомендації всебічно обґрунтовані та переконливо аргументовані. Подана робота повністю відповідає вимогам п. 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії».

Д-р техн. наук, професор,  
професор кафедри  
управління проектами

Н.С. Бушуєва

к.ф-м.н., доцент кафедри  
інформаційних технологій проектування  
та прикладної математики

С.А. Теренчук

*Згідно з затвердженою  
Заєг. нат. ПК*



*Пашин В.В.*