

Т.Ю. Шевченко, к.т.н., доц.
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЛОГІКО-ІМОВІРНІСНИМИ МЕТОДАМИ

Викладено логіко-ймовірнісний підхід до прогнозування надійності залізобетонних конструкцій, що дозволяє врахувати вплив їх мінливих параметрів і суб'єктивного фактора, обумовленого діяльністю людини на всіх стадіях життєвого циклу конструкцій.

Ключові слова: надійність, імовірнісні методи розрахунку, врахування невизначеності, нечітка логіка, суб'єктивний фактор.

Т.Ю. Шевченко, к.т.н., доц.
ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫМИ МЕТОДАМИ

Изложен логико-вероятностный подход к прогнозированию надежности железобетонных конструкций, который позволяет учитывать влияние их изменчивых параметров и субъективного фактора, обусловленного деятельностью человека на всех стадиях жизненного цикла конструкций.

Ключевые слова: надежность, вероятностные методы расчеты, учет неопределенности, нечеткая логика, субъективный фактор.

T. Shevthenko, PhD, Associate Professor
SHEI «Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture»

PROGNOSIS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES RELIABILITY BY THE LOGICAL-PROBABILISTIC METHODS

This thesis focuses on the development of a methodology of prognosis of reliability of reinforced concrete structures taking into account of influence of changeable parameters and subjective factor, caused by human activity at all stages of structures' life cycle.

Keywords: reliability, probabilistic methods of calculations, taking into account of uncertainty conditions, fuzzy logic, subjective factor.

Вступ. Проблема надійності будівельних конструкцій належить до першочергових, оскільки безперервно збільшуються обсяги будівництва і підвищуються вимоги до його якості.

Статистика відмов будівельних конструкцій свідчить, що вони обумовлені здебільшого наявністю помилок при проектуванні, виготовленні й монтажу конструкцій, порушеннями правил їх експлуатації, тобто впливом суб'єктивного фактора.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Загальним питанням надійності будівельних конструкцій присвячені роботи В.В. Болотіна, А.В. Геммерлінга, О.Р. Ржаніцина, М.С. Стрелецького, А.Г. Ройтмана та інших науковців.

Результати досліджень у галузі надійності будівельних конструкцій наведено у працях [1 – 11] А.Я. Барашикова, Б.І. Беляєва, Є. А. Єгорова, М.М. Застави, А.Я. Ісайкіна, Р.І. Кінаша, О.С. Личова, А. В. Перельмутера, С.Ф. Пічугіна, В.Г. Пошивача, В.Д. Райзера, М.В. Савицького, О. В. Семко, Б.І. Снарскіса, К.Е. Таля, С.А. Тімашева, С.Б. Усаковського, В.П. Чіркова та інших.

Існуюча нормативна база у сфері проектування враховує вплив на надійність залізобетонних конструкцій багатьох факторів, серед яких: мінливість міцнісних характеристик матеріалів і геометричних розмірів елементів; атмосферні, сейсмічні та техногенні навантаження і впливи; вплив агресивних середовищ та ін.

Вплив на надійність мінливих параметрів конструкцій враховується при їх розрахунку ймовірнісними методами. У галузі використання цих методів найбільш відомі праці М.Б. Краковського, А.П. Кудзіса, М.М. Складнева, В.В. Судакова та ін.

Дослідженнями в області застосування нечітких технологій при розв'язанні задач будівельної галузі на Україні займаються Є.В. Горохов, О.Д. Панкевич, О.В. Шеліхова та ін.

На основі нечітких технологій вітчизняні науковці створили: систему підтримки прийняття рішень при діагностиці технічного стану цегляних конструкцій, методику нормування конструктивних ризиків за результатами оцінювання технічного стану будівельних об'єктів та ін.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Сучасна нормативна база проектування при визначенні рівня надійності конструкцій дозволяє враховувати зовнішні навантаження й впливи, мінливість геометричних параметрів конструкцій і міцнісних характеристик матеріалів. Вплив на надійність залізобетонних конструкцій суб'єктивного фактора, обумовленого діяльністю людини на всіх стадіях життєвого циклу конструкцій, діючі норми не враховують.

Дослідження, присвячені розробленню методології оцінювання впливу суб'єктивного фактора на надійність залізобетонних конструкцій, в Україні не проводились.

Постановка завдання. У зв'язку з вищенаведеним, розвиток методології прогнозування надійності залізобетонних конструкцій з урахуванням суб'єктивного фактора, обумовленого діяльністю людини на всіх стадіях життєвого циклу конструкцій, є актуальною науково-технічною задачею.

Основний матеріал і результати. Для оцінювання надійності залізобетонних конструкцій з урахуванням впливу їх мінливих параметрів і суб'єктивного фактора, обумовленого діяльністю людини на всіх стадіях життєвого циклу залізобетонних конструкцій, було запропоновано залежність

$$P_{total} = P_{suc-1} - P_{suc-2} , \quad (1)$$

де P_{total} – повна ймовірність безвідмовної роботи конструкцій;

P_{suc-1} – ймовірність безвідмовної роботи конструкцій, визначена з урахуванням впливу на надійність мінливих параметрів конструкцій;

P_{suc-2} – ймовірність безвідмовної роботи конструкцій, визначена з урахуванням впливу на надійність суб'єктивного фактора.

Ймовірність безвідмовної роботи залізобетонних конструкцій з урахуванням впливу на надійність їх мінливих параметрів визначається загальноприйнятими методами теорії надійності будівельних конструкцій.

Для визначення ймовірності безвідмовної роботи конструкцій P_{suc-2} необхідні кількісні оцінки впливу на надійність суб'єктивного фактора.

Базуючись на статистиці відмов, був виконаний аналіз впливу суб'єктивного фактора на надійність залізобетонних конструкцій на всіх стадіях їх життєвого циклу. Було встановлено, що саме низька якість діяльності учасників процесів створення й експлуатації конструкцій є загальною причиною появи організаційних і технологічних помилок, а саме помилок на стадії інженерних досліджень, на стадії проектування і на стадії зведення конструкцій; помилок контролю; помилок у процесі експлуатації конструкцій.

На основі кількісних даних про статистику відмов конструкцій і експертних оцінок якості діяльності учасників життєвого циклу конструкцій була запропонована диференціація їх діяльності за п'ятьма категоріями якості: I категорія – високий рівень; II категорія – рівень, вищий від середнього; III категорія – середній рівень; IV категорія – рівень, нижчий від середнього; V категорія – низький рівень.

Суб'єктивний фактор може впливати на надійність конструкцій на кожній стадії їх життєвого циклу. Для кількісного оцінювання цього впливу була розроблена ймовірнісна модель життєвого циклу конструкцій.

Запропоновані граничні значення ймовірності безвідмовної роботи залізобетонних конструкцій P_{suc-2} залежно від категорій якості діяльності учасників життєвого циклу конструкцій (див. табл. 1) [12].

Таблиця 1. Граничні значення ймовірності безвідмовної роботи залізобетонних конструкцій

Категорії якості діяльності учасників усіх процесів	Рівень якості діяльності учасників усіх процесів	Ймовірність безвідмовної роботи конструкцій з урахуванням впливу суб'єктивного фактора P_{suc-2}
I категорія	високий	0,99999
II категорія	вищий від середнього	0,99997
III категорія	середній	0,99977
IV категорія	нижчий від середнього	0,99941
V категорія	низький	0,99896

Розроблена інженерна методика врахування категорій якості діяльності учасників життєвого циклу конструкцій при прогнозуванні надійності їх функціонування.

З використанням експертних оцінок встановлено значущі показники й розроблено моделі оцінювання рівня якості діяльності учасників процесу створення та процесу експлуатації залізобетонних конструкцій залежно від деякої множини факторів – показників якості.

Для побудови моделей використовувалися нормативні документи з галузі якості, рекомендації експертів у галузі будівельних конструкцій, а також дані експертних висновків про технічний стан будівельних конструкцій, запозичені зі звітів обстежень конструкцій.

Запропоновані основні показники якості діяльності учасників процесу створення конструкцій (наявність в організації відповідної ліцензії; кваліфікація персоналу організації; наявність в організації функціонуючої на належному рівні системи менеджменту якості відповідно регламенту сімейства стандартів ISO 9000; термін функціонування організації; стан її матеріально-технічної бази), а також процесу їх експлуатації (дотримання правил технічної експлуатації конструкцій; наявність пошкоджень від силових і агресивних впливів; наявність пошкоджень від механічних впливів; розвиток дефектів, що виникли при виготовленні й монтажі конструкцій).

Більшість з наведених показників якості діяльності можна оцінити тільки якісно, суб'єктивно. Тому при моделюванні рівня якості діяльності учасників процесу створення й експлуатації залізобетонних конструкцій використана логіко-лінгвістична експертна інформація.

Задача моделювання рівня якості діяльності учасників процесу створення і процесу експлуатації зводиться до розв'язання задачі ідентифікації багатовимірної залежності «фактори – показники якості – рівень якості».

Для розв'язання поставленої задачі був використаний метод двохетапної ідентифікації нечіткими базами знань.

На першому етапі виконується структурна ідентифікація залежності «фактори – показники якості – рівень якості» шляхом формування нечіткої бази знань, яка грубо відображає нелінійний взаємозв'язок «входи – вихід» за допомогою лінгвістичних правил «якщо – то», що генерується експертами.

На другому етапі відбувається параметрична ідентифікація досліджуваної залежності шляхом підбору таких параметрів функцій належності нечітких термів і бази знань, які мінімізують розбіжність між модельними й експериментальними даними.

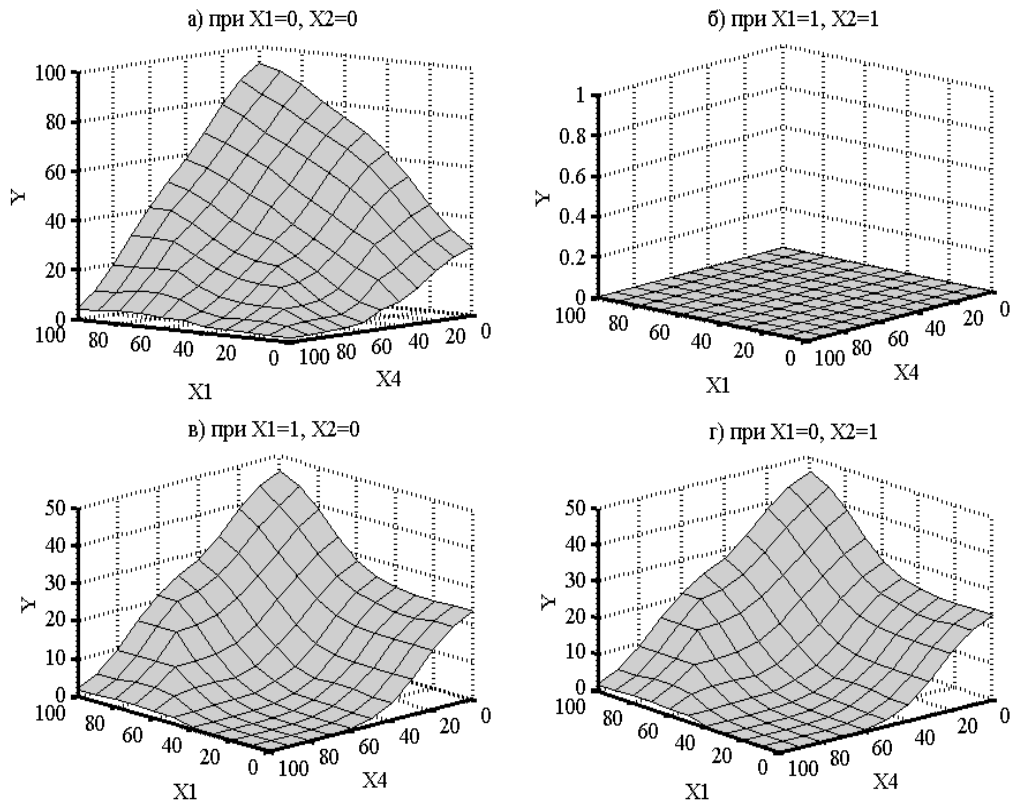
Для реалізації етапу параметричної ідентифікації використовувалися дані аналізу експертних висновків з обстеження залізобетонних конструкцій об'єктів, запозичені з архівних матеріалів науково-дослідної частини ДВНЗ «ПДАБА».

Поверхні «входи – вихід» отриманої нечіткої моделі до реалізації етапу параметричної ідентифікації наведені на рис. 1, а, а після реалізації – на рис. 1, б.

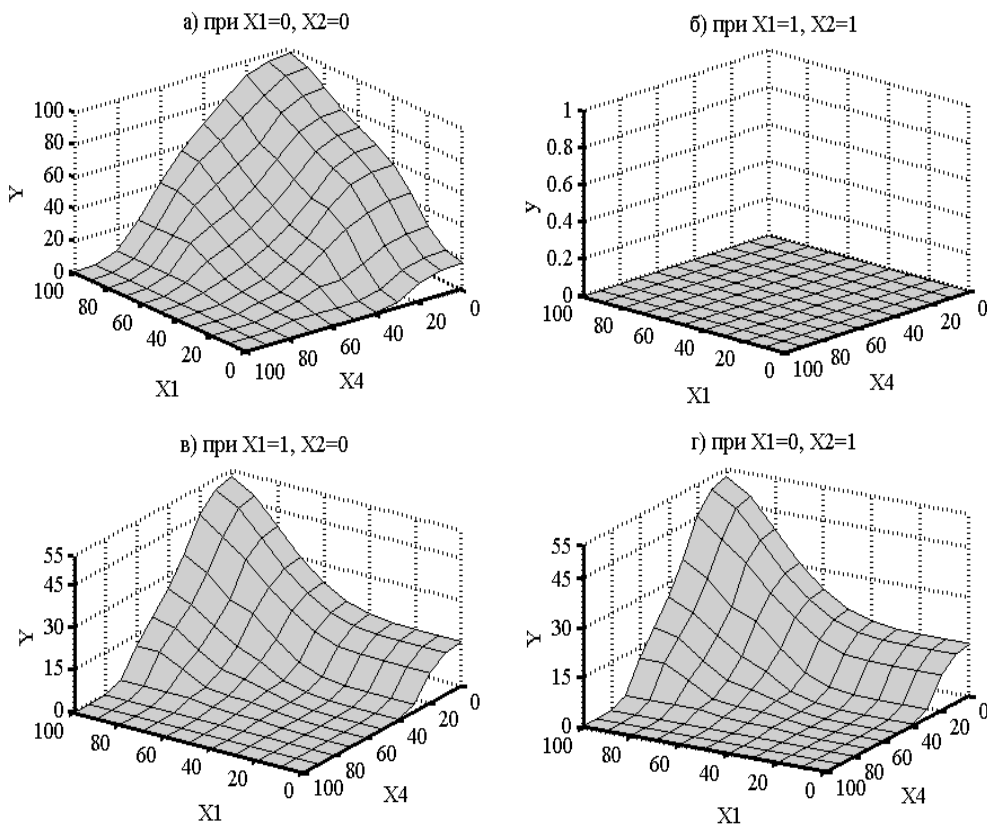
До реалізації етапу параметричної ідентифікації результат моделювання збігається з експериментальними даними у 80 % випадків. Після реалізації етапу параметричної ідентифікації результат моделювання збігається з експериментальними даними в 95 % випадків.

За аналогією була побудована модель оцінювання рівня якості діяльності учасників процесу створення залізобетонних конструкцій. Точність моделювання оцінювання рівня якості діяльності учасників процесу створення залізобетонних конструкцій аналогічна до точності моделювання рівня якості діяльності учасників процесу експлуатації.

З використанням норм проектування залізобетонних конструкцій проведена апробація запропонованого логіко-ймовірнісного підходу, на прикладі оцінювання надійності міцності похилих перерізів залізобетонних елементів, що згинаються.



а



б

Рис. 1. Поверхні «входи – вихід» нечіткої моделі:
а, б – до та після реалізації етапу параметричної ідентифікації

Висновки. Запропоновано загальні положення, принцип розрахунку і методологію розв'язання задач урахування впливу суб'єктивного фактора на надійність залізобетонних конструкцій на основі логіко-ймовірнісного підходу до прогнозування їх надійності, а також розроблена інженерна методика врахування категорій якості діяльності учасників життєвого циклу конструкцій при прогнозуванні надійності їх функціонування.

Запропоновано моделі, що відображають залежність рівня якості діяльності учасників процесу створення та процесу експлуатації залізобетонних конструкцій від визначеної множини факторів – показників якості.

Література

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / В.В. Болотин. – М. : Стройиздат, 1982. – 351 с.
2. Краковский М.Б. Учет условий надежности при расчете железобетонных конструкций / М.Б. Краковский // Бетон и железобетон. – 1983. – № 4. – С. 22–23.
3. Кудзис А.П. Оценка надежности железобетонных конструкций / А.П. Кудзис. – Вильнюс: Мокслас, 1985. – 280 с.
4. Надежность строительных конструкций: работа научной школы проф. Пичугина С.Ф.: сб. науч. трудов: под ред. С. Ф. Пичугина. – Полтава : ООО «АСМИ», 2010. – 434 с.
5. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность / А. Р. Ржаницын. – М. : Стройиздат, 1978. – 239 с.
6. Савицкий Н.В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах: дис... доктора техн. наук: 05. 23. 01, 05. 23. 05 / Савицкий Николай Васильевич. – Д. : ПДАБА, 1994. – 400 с.
7. Складнев Н.Н. Особенности применения вероятностных методов для расчета и оптимизации железобетонных конструкций / Н.Н. Складнев // Железобетонные конструкции промышленного и гражданского строительства. – 1981. – С. 44–59.
8. Стрелецкий Н.С. Основы статистического учета коэффициента запаса прочности конструкций / Н.С. Стрелецкий. – М. : Стройиздат, 1947. – 94 с.
9. Судаков В.В. Контроль качества и надежность железобетонных конструкций / В.В. Судаков – Л. : Стройиздат, 1980. – 168 с.
10. Хоциалов Н.Ф. Запасы прочности / Н.Ф. Хоциалов // Строительная промышленность. – 1929. – № 10. – С. 10–15.
11. Maier M. Die Sicherheit der Bauwerke und ihre Berechnung nach Grenzkraften anstatt nach zulassigen Spannungen / M. Maier. – Berlin: Springer – Verlag, 1926. – 150 p.
12. Савицкий Н. В. Диагностика строительных объектов с применением методов нечеткой логики / Н.В. Савицкий, Т.Ю. Шевченко, А.А. Тьтюк // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: международ. науч.-тех. конференция, 19 – 20 окт. 2006 г.: тезисы докладов. – 2006. – С. 286–288.

Надійшла до редакції 12.12.2014

© Т.Ю. Шевченко