

УДК 667.715

Ю.С. ЯЛОВАЯ, Н.П. ЯЛОВАЯ

Брест, БрГТУ

**ОЦЕНИВАНИЕ УРОВНЯ КОРРОЗИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ
АРМАТУРЫ И ШИРИНЫ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ РАЗМЫТЫХ МНОЖЕСТВ**

Коррозия арматуры является одним из наиболее значимых факторов, определяющих фактическое техническое состояние железобетонных конструкций, их долговечность и надежность.

Последствия коррозионного повреждения арматуры могут быть самыми разными: снижение сцепления арматуры с бетоном, образование трещин и разрушение защитного слоя бетона, скалывающегося за счет расклинивающего действия продуктов коррозии, снижения несущей способности конструкций в результате уменьшения сечения арматуры и бетона и т.д.

Задача определения категорий технического состояния конструкций по результатам визуального обследования является достаточно непростой: необходимо правильно и достоверно определить факторы, влияющие на техническое состояние конструкции и позволяющие определить ее категорию. Таким образом, можно говорить о наличии задачи оценки и отнесения к категории технического состояния конструкцию в условиях неопределенности.

Один из современных подходов, используемых в различных задачах принятия решений в условиях неопределенности, основан на применении инструментария теории нечетких множеств, основоположником которой является Л.А. Заде (1965 г.).

В качестве программной среды для создания системы нечеткого логического вывода и нечеткой классификации был использован пакет Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab. Данная программа осуществляет обмен информацией между пользователем и экспертной системой через достаточно простой графический интерфейс, что обеспечивает возможность ее использования инженерами без специальной подготовки в области нечетких множеств и компьютерных наук.

В качестве входных параметров системы нечеткого вывода нами были предложены 2 нечеткие лингвистические переменные: «трещины» и «коррозия», а в качестве выходных параметров – нечеткая лингвистическая переменная «категория» (рисунок 1).

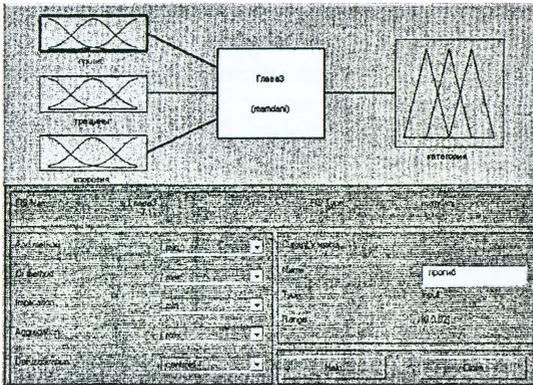


Рисунок 1 – Вид редактора FIS с принятыми входными и выходными параметрами

В качестве терм-множества лингвистической переменной «трещины» было использовано множество $T_1 = \{\text{«незначительные»}, \text{«допустимые»}, \text{«недопустимые»}\}$. При этом каждому из термов первой входной переменной соответствуют определенные границы: для «незначительные» соответствует $[0,05; 0,1]$, для «допустимые» соответствует $[0,1; 0,3]$, для «недопустимые» соответствует $[0,3; 1]$ (рисунок 2). Данные границы измеряются в мм и приняты в соответствии с рекомендациями [1].

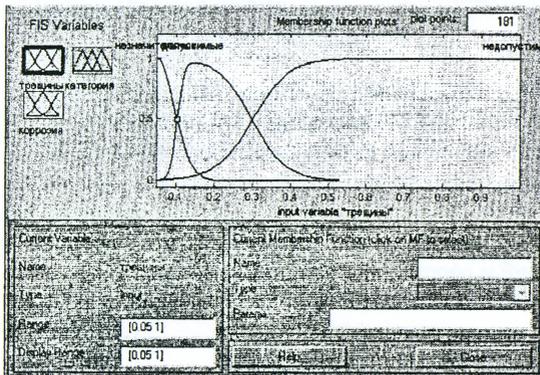


Рисунок 2 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины»

В качестве терм-множества лингвистической переменной «коррозия» использовано множество $T_2 = \{\text{«слабая»}, \text{«средняя»}, \text{«сильная»}\}$. При этом каждому из термов второй входной переменной соответствуют определенные границы: для «слабая» соответствует [0; 10], для «допустимые» соответствует [10; 20], для «недопустимые» соответствует [20; 40] (рисунок 3). Данные границы выражены в %, приняты по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.

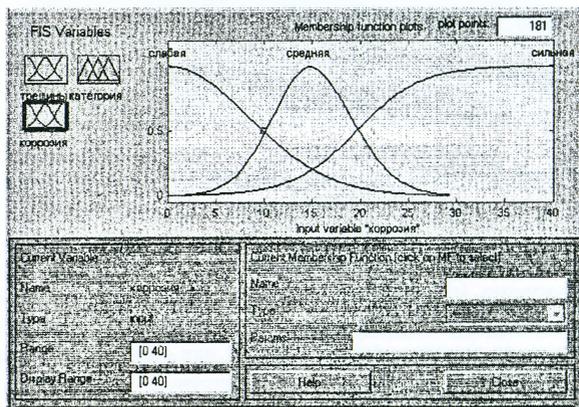


Рисунок 3 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «коррозия»

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной «категория» использовано множество $T_3 = \{\text{«1»}, \text{«2»}, \text{«3»}\}$. При этом каждому из термов выходной переменной соответствуют определенные границы: для «1» соответствует [0; 1,8], для «2» соответствует [1,2; 2,8], для «3» соответствует [2,2; 3] (рисунок 4). Данные границы приняты по результатам обзора рейтинговых систем оценки дефектов строительных конструкций зданий и сооружений различных стран.

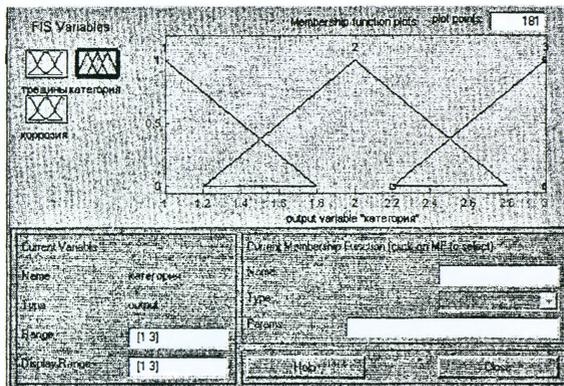


Рисунок 4 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для выходной переменной «категория»

Для каждого термина нами были определены типы функций принадлежности, таким образом, чтобы при пересечении двух функций они пересекались в точке 0,5 по оси ординат, но и соответствовали границам по оси абсцисс.

После задания 9-ти правил нечеткого вывода (рисунок 5) выдается результат нечеткого вывода (значение выходной переменной) для конкретных значений входных переменных. По умолчанию для входных переменных предложены средние значения из интервала их допустимых значений. Это означает, что при ширине раскрытия трещин 0,5 мм и при коррозии арматуры 20 % значениям входных переменных соответствует категория 2,68 (рисунок 6), используя правила округления, получаем 3-ью категорию состояния конструкции.

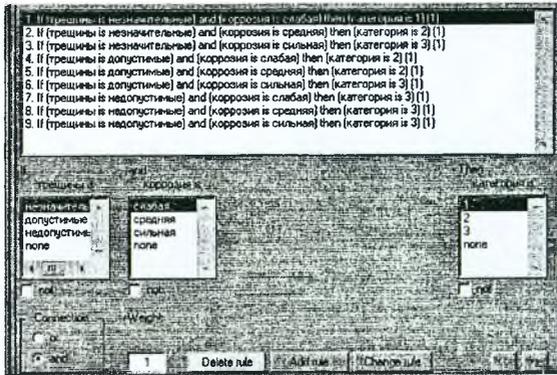


Рисунок 5 – Вид редактора правил нечеткого вывода после их определения

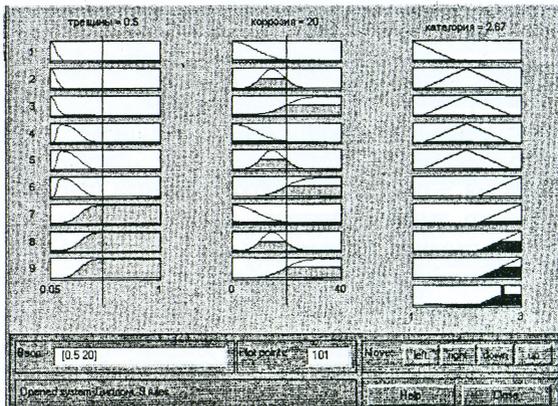


Рисунок 6 – Вид программы просмотра правил нечеткого вывода

Таким образом, в зависимости от имеющихся повреждений, техническое состояние конструкции может быть классифицировано по 3-м категориям:

Категория 1 – исправное состояние – дефекты устраняются в процессе технического обслуживания и текущего ремонта.

Категория 2 – ограниченное работоспособное состояние – опасность обрушения отсутствует. Необходимо соблюдение всех эксплуатационных требований. Возможны ограничения некоторых параметров эксплуатации. Требуется ремонт.

Категория 3 – неработоспособное состояние – необходимо срочное ограничение нагрузок. Требуется капитальный ремонт, усиление или замена элементов.

Разработанная экспертная система нечеткого вывода позволяет определить категорию технического состояния строительной конструкции на основе 2-х имеющихся факторов – ширины раскрытия трещин и уровня коррозионного повреждения арматуры, выраженного потерей площади сечения стержня, на базе пакета Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по оценке надежности железобетонных конструкций эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений: Р 1.03.0.42.07. – Брест : БрГТУ, 2007. – 60 с.
2. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
3. Ming-Te, Liang. Applying fuzzy mathematics to evaluating the membership of existing reinforced concrete bridges in Taipei / Ming-Te Liang, Jai-He Wu, Chih-Hsin Liang // Journal of Marine Science and Technology. – 2000. – Vol. 8, № 1. – P. 16–29.
4. Puklicky, L. Examples of application of fuzzy logic to building industry research / L. Puklicky, Z. Kala // Recent Researches in Mechanics. – 2011. – P. 56–59.