

УДК 657.922:624.04

д.т.н., профессор Тур В.В., Яловая Ю.С.,
УО «Брестский государственный технический университет»

ОЦЕНИВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИЗУАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Представлена разработанная экспертная система нечеткого вывода, позволяющая определить класс технического состояния конструкции на основе 6-ти имеющихся факторов, на базе пакета Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab.

Ключевые слова: оценка, дефект, теория размытых множеств, техническое состояние, обследование.

В связи с большой трудоемкостью и длительностью проведения во времени инструментального метода оценки технического состояния зданий и сооружений применяется визуальное обследование строительных конструкций. При этом наиболее сложной становится задача определения категорий технического состояния железобетонных конструкций, так как достаточно нелегко дать оценку некоторой конструкции при визуальном осмотре: необходимо правильно и точно определить факторы, влияющие на техническое состояние конструкции и позволяющие определить ее категорию. Таким образом, появляется задача оценки и отнесения к категории технического состояния конструкцию в условиях неопределенности.

Одним из современных подходов, используемых в задачах принятия решений в условиях неопределенности, является подход, основанный на применении инструментария теории нечетких множеств, основоположником которой является Лотфи Заде (1965 г.). Применение теории нечетких множеств и её приложений позволяет строить формальные схемы решения задач, характеризующиеся той или иной степенью неопределенности, которая может быть обусловлена неполнотой, внутренней противоречивостью, неоднозначностью и размытостью исходных данных, представляющих собой приближенные количественные или качественные оценки параметров объектов. Эта неопределенность является систематической, так как обусловлена сложностью задач, дефицитом информации, лимитом времени на принятие решений, особенностями восприятия и т.п. [1].

Для оценки качества и технического состояния железобетонной конструкции нами была разработана нечеткая модель с помощью системы нечеткого вывода

и графических средств пакета Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab, зависящая от 6-ти факторов:

1) повреждения бетона, снижающие защитные свойства по отношению к арматуре (карбонизация) (интенсивность – глубина, мм);

2) образование продольных трещин в защитном слое бетона вдоль сжатых стержней, отслоение защитного слоя (интенсивность – ширина раскрытия трещины, мм);

3) образование продольных трещин в защитном слое бетона вдоль растянутых стержней, отслоение защитного слоя (интенсивность – ширина раскрытия трещины, мм);

4) коррозия арматуры (интенсивность – глубина коррозии, мм);

5) образование нормальных, наклонных трещин (интенсивность – ширина раскрытия трещины, мм);

6) прогибы, перемещения (интенсивность, мм).

В качестве входных параметров системы нечеткого вывода рассматривались 6 нечетких лингвистических переменных: «карбонизация», «трещины [сж]», «трещины [раст]», «коррозия», «трещины [норм, накл]» и «прогибы, перемещения», а в качестве выходных параметров – нечеткая лингвистическая переменная «класс» (рисунок 1).

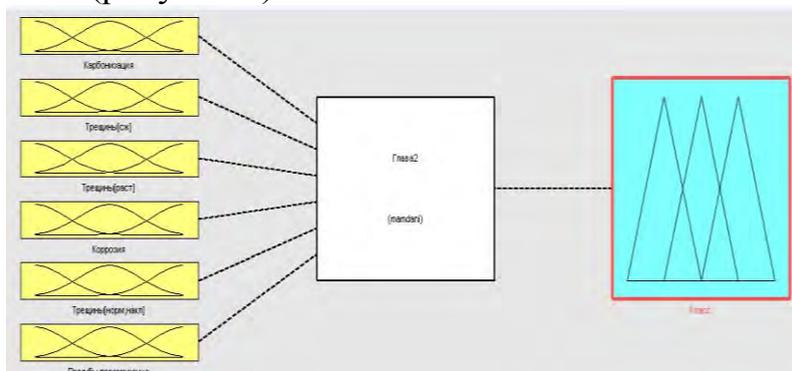


Рис. 1. Вид редактора FIS с принятыми входными и выходными параметрами
В качестве терм-множества *первой* лингвистической переменной «карбонизация» использовалось множество $T_1 = \{ \langle \text{L} \rangle, \langle \text{M} \rangle, \langle \text{H} \rangle \}$ (рисунок 2).

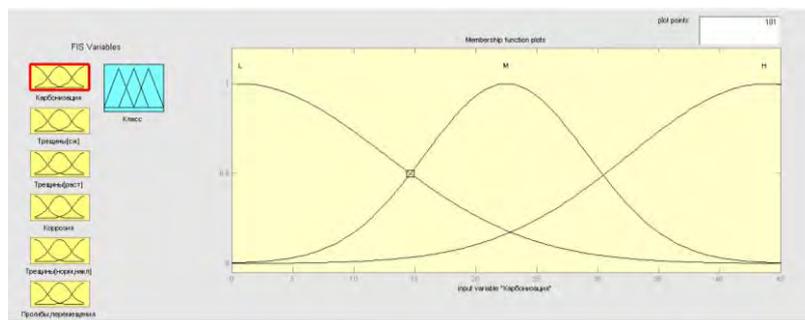


Рис. 2. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «карбонизация»

В качестве терм-множества *второй* лингвистической переменной «трещины [сж]» использовалось множество $T_2 = \{«L», «M», «H»\}$ (рисунок 3).

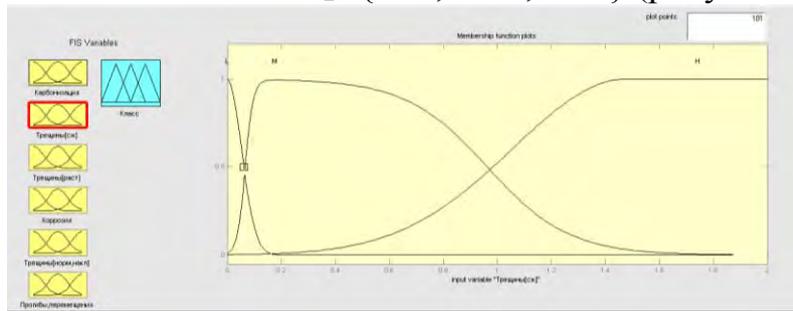


Рис. 3. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины [сж]»

В качестве терм-множества *третьей* лингвистической переменной «трещины [раст]» использовалось множество $T_3 = \{«L», «M», «H»\}$ (рисунок 4).

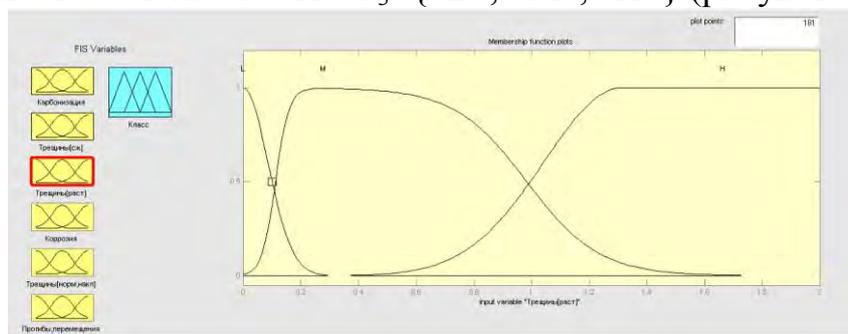


Рис. 4. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины [раст]»

В качестве терм-множества *четвертой* лингвистической переменной «коррозия» использовалось множество $T_4 = \{«L», «M», «H»\}$ (рисунок 5).

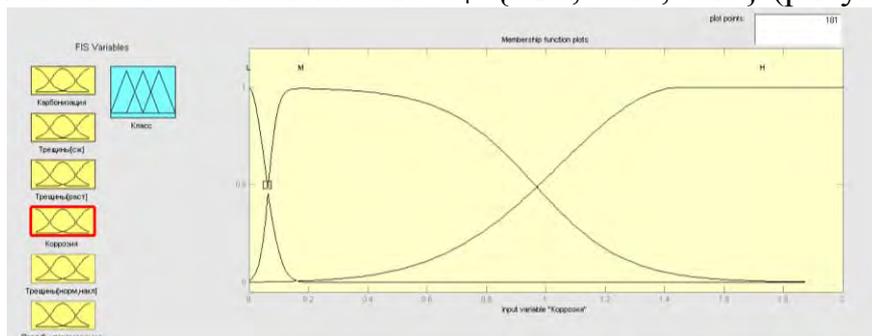


Рис. 5. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «коррозия»

В качестве терм-множества *пятой* лингвистической переменной «трещины [норм, накл]» использовалось множество $T_5 = \{«L», «M», «H»\}$ (рисунок 6).

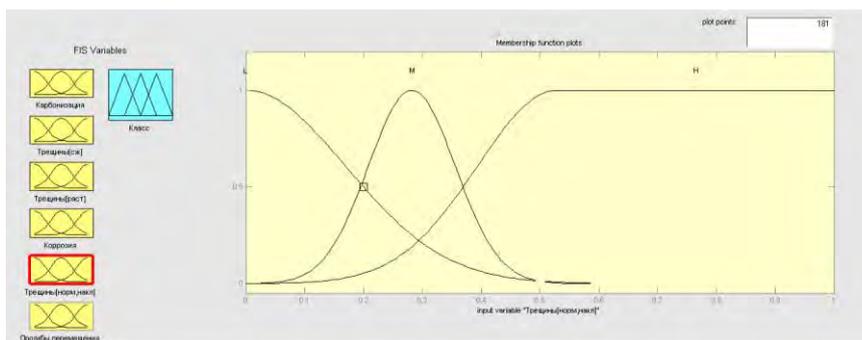


Рис. 6. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины [норм, накл]»

В качестве терм-множества *шестой* лингвистической переменной «прогибы, перемещения» использовалось множество $T_6 = \{«L», «M», «H»\}$ (рисунок 7).

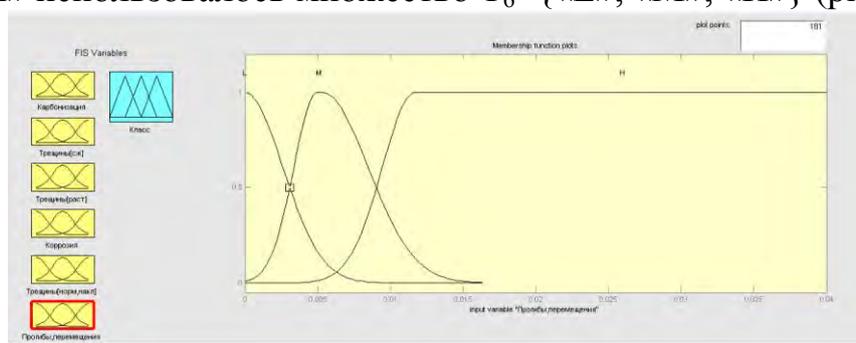


Рис. 7. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «прогибы, перемещения»

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной «класс» использовалось множество $T_7 = \{«1», «2», «3», «4», «5», «6»\}$ (рисунок 8).

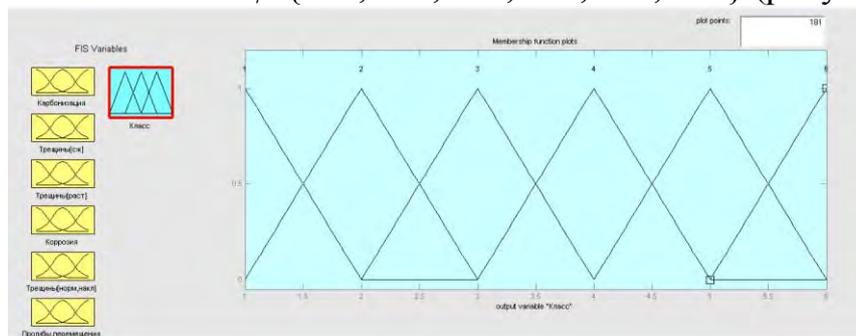


Рис. 8. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для выходной переменной «класс»

Для каждого терма 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 26 правил нечеткого вывода выдавался результат нечеткого вывода для конкретных значений входных переменных.

В зависимости от имеющихся повреждений, техническое состояние конструкции может быть классифицировано по 6-ти классам:

класс 1 – «очень хорошее состояние» – дефекты устраняются в процессе технического обслуживания и текущего ремонта;

класс 2 – «хорошее состояние» – необходимы регулярное обслуживание и ремонтные работы;

класс 3 – «удовлетворительное состояние» – интенсифицированное обслуживание, ремонтные работы необходимы в течение каждые 6 лет;

класс 4 – «вполне удовлетворительное состояние» – ремонтные работы необходимы каждые 3 года;

класс 5 – «неадекватное состояние» – требуется немедленное изменение плана эксплуатации и ремонт;

класс 6 – «критическое состояние» – необходимо срочное ограничение нагрузок, затем капитальный ремонт, усиление или замена элементов [2].

Используя разработанную методику, нами было проведено оценивание технического состояния конструкции по характерным дефектам для реальных строительных конструкций: покрытие и перекрытия корпуса 422 цеха Карбамид-2 ОАО «Гродно-Азот» и были выявлены следующие дефекты и повреждения:

- участки биологической коррозии и высолы на 15% нижней поверхности плит и монолитных участков;
- дефекты плит, вызванные при их изготовлении (низкое качество уплотнения бетона, малая толщина защитного слоя на 12% площади плит);
- коррозия нижних арматурных сеток (0,5% площади поперечного сечения на общей площади 60-70 м²);
- разрушение защитного слоя бетона и оголение рабочей арматуры на 10% площади плит.

По результатам обследования с помощью полученной конечной функции принадлежности при глубине карбонизации >30 мм, ширине раскрытия продольных трещин в защитном слое бетона вдоль сжатых стержней 0,6 мм, ширине раскрытия продольных трещин в защитном слое бетона вдоль растянутых стержней 0,8 мм, глубине коррозии арматуры 0,2 мм, ширине раскрытия нормальных, наклонных трещин 0,5 мм, прогибе 1/200 (0,005) пролета имеем класс 4,83 (рисунок 9), используя правила округления, получаем 5 класс технического состояния. Это означает, что покрытие и перекрытия корпуса с данными значениями факторов имеют неадекватное состояние, требуется немедленное изменение плана эксплуатации и ремонт.

Таким образом, разработанная нами экспертная система нечеткого вывода на базе пакета Fuzzy Logic Toolbox в среде MatLab позволила определить класс технического состояния конструкции на основе 6-ти вышеперечисленных

факторов, что было подтверждено в оценивании реальных строительных конструкций.



Рис. 9. Результат правил нечеткого вывода для покрытия и перекрытий корпуса

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яловая, Ю.С. Оценка технического состояния конструкции по результатам натуральных наблюдений с использованием теории размытых множеств / Ю.С. Яловая // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер. Строительство и архитектура. – 2013. – № 1 (79). – С. 45–48.
2. Рекомендации по оценке надежности железобетонных конструкций эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений: Р 1.03.0.42.07. – Брест: БрГТУ, 2007. – 60 с.

ANNOTATION

The developed expert system of the indistinct conclusion, allowing to define a class of technical condition of a design on the basis of 6 available factors, on the basis of a Fuzzy Logic Toolbox package within the MatLab environment is presented.

Keywords: assessment, defect, fuzzy set theory, technical condition, inspection.

АНОТАЦІЯ

Представлена розроблена експертна система нечіткого виводу, що дозволяє визначити клас технічного стану конструкції на основі 6-ти наявних факторів, на базі пакета Fuzzy Logic Toolbox в рамках середовища MatLab.

Ключові слова: оцінка, дефект, теорія розмитих множин, технічний стан, обстеження.