

УДК 69.058:510.22

Яловая Ю.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

## ВИЗУАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА FUZZY LOGIC TOOLBOX В РАМКАХ СРЕДЫ MATLAB

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 конструкции 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].

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 три нечеткие лингвистические переменные: «прогиб», «трещины» и «коррозия», а в качестве выходных параметров – нечеткая лингвистическая переменная «категория» (рис. 1).

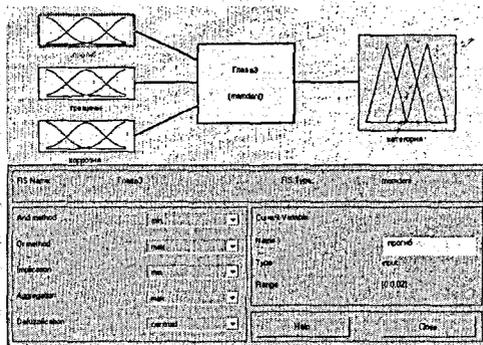
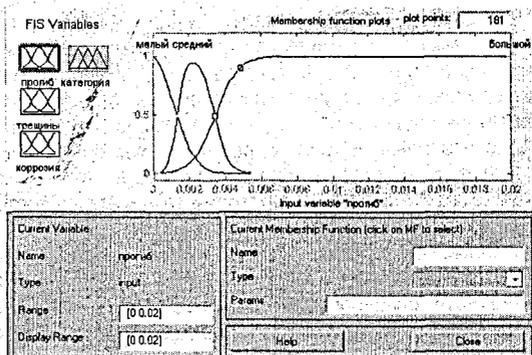


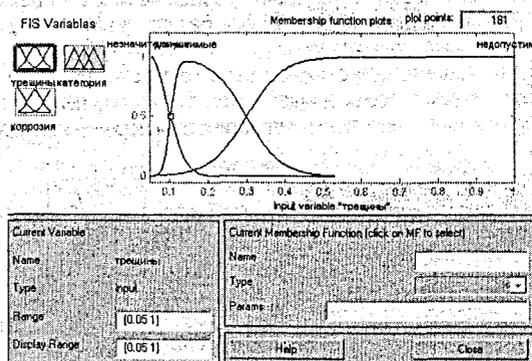
Рисунок 1 – Вид редактора FIS с принятыми входными и выходными параметрами

В качестве терм-множества лингвистической переменной «прогиб» было использовано множество  $T_1 = \{\text{«малый», «средний», «большой»}\}$ . При этом границы терма соответствовали: для «малый» –  $[0; 1/600 (0,0017)]$ , для «средний» –  $[1/600 (0,0017); 1/300 (0,0033)]$ , для «большой» –  $[1/300 (0,0033); 1/50 (0,02)]$  (рис. 2). Данные значения границ выражены в десятичных дробях и измеряются от пролета, приняты по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.



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

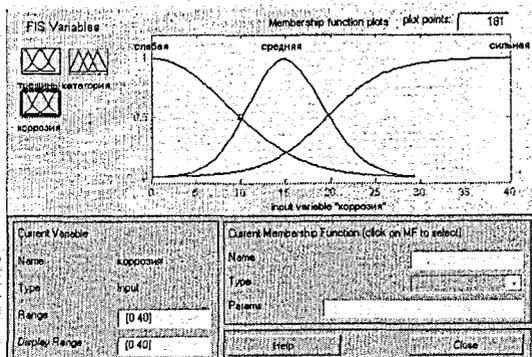
В качестве терм-множества лингвистической переменной «трещины» было использовано множество  $T_2 = \{\text{«незначительные», «допустимые», «недопустимые»}\}$ . При этом каждому из термов первой входной переменной соответствуют определенные границы: для «незначительные» соответствует  $[0,05; 0,1]$ , для «допустимые» соответствует  $[0,1; 0,3]$ , для «недопустимые» соответствует  $[0,3; 1]$  (рис. 3). Данные границы измеряются в мм и приняты в соответствии с рекомендациями [2].



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

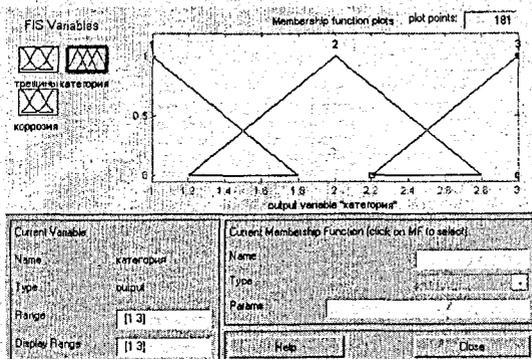
В качестве терм-множества лингвистической переменной «коррозия» использовано множество  $T_3 = \{\text{«слабая», «средняя», «сильная»}\}$ . При этом каждому из термов второй входной переменной соответствуют определенные границы: для «слабая» соответству-

ет  $[0; 10]$ , для «допустимые» соответствует  $[10; 20]$ , для «недопустимые» соответствует  $[20; 40]$  (рис. 4). Данные границы выражены в %, приняты по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.



**Рисунок 4 – 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  $T_4 = \{«1», «2», «3»\}$ . 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  $[2,2; 3]$  (рис. 5). Данные границы приняты по результатам обзора рейтинговых систем оценки дефектов строительных конструкций зданий и сооружений различных стран.



**Рисунок 5 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для выходной переменной «категория»**

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

После задания 24-х правил нечеткого вывода (рис. 6) выдается результат нечеткого вывода (значение выходной переменной) для конкретных значений входных переменных. По умолчанию для входных переменных предложены средние значения из интер-

вала их допустимых значений. Это означает, что при прогибе 1/100 пролета, ширине раскрытия трещин 0,5 мм и при коррозии арматуры 20% значениям входных переменных соответствует категория 2,68 (рис. 7), используя правила округления, получаем 3-ю категорию состояния конструкции.

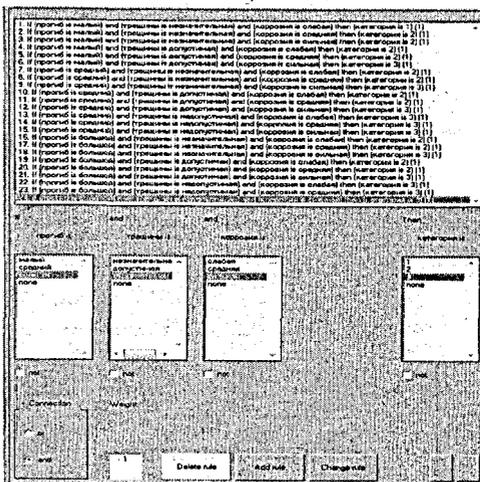


Рисунок 6 – Вид редактора правил нечеткого вывода после их определения

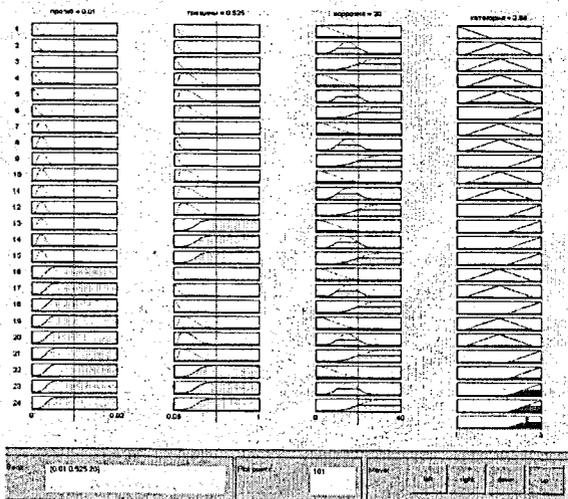


Рисунок 7 – Вид программы просмотра правил нечеткого вывода

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 3-х имеющихся факторов – прогиба, ширины раскрытия трещин и уровня коррозионного повреждения арматуры, выраженного потерей площади сечения стержня, на базе пакета Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab [1].

#### **Список цитированных источников**

1. Яловая, Ю.С. Оценивание технического состояния конструкции по результатам натурных наблюдений с использованием теории размытых множеств / Ю.С. Яловая // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 1 (79): Строительство и архитектура. – 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.

УДК 691:620.19:(083.7)

*Яловая Ю.С.*

*Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.*

### **ОБЗОР РЕЙТИНГОВЫХ СИСТЕМ ОЦЕНКИ ДЕФЕКТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СТРАН СНГ И ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ**

Качество строительства, определяющее срок службы зданий и сооружений, является одной из актуальных градостроительных проблем. Строительные конструкции зданий и сооружений со значительным сроком службы имеют, как правило, те или иные повреждения, выявление которых осуществляется при плановых и внеплановых обследованиях технического состояния конструкций. Правильное определение дефектов строительных конструкций и прогноз тенденций их изменения необходимы для принятия оптимальных решений по эксплуатационным воздействиям для поддержания работоспособного состояния зданий и сооружений.

Используемые в настоящее время методы оценивания технического состояния зданий и сооружений базируются в основном на инструментальных исследованиях и рассчитаны на проведение больших организационных мероприятий, поэтому требуют привлечения значительных трудовых и денежных ресурсов. Кроме того, современные здания и сооружения характеризуются наличием элементов и конструкций, точную информацию о которых невозможно получить в реальный отрезок времени из-за необходимости проведения дорогостоящих инструментальных исследований. В соответствии с действующими нормами обследование технического состояния принято разделять на визуальное (начальное) и детальное (инструментальное) обследование. Наиболее сложная оценка относится к визуальному обследованию.

В Республике Беларусь конструкции по техническому состоянию относят к следующим категориям [1]:

I – исправное (хорошее) состояние – малозначительные дефекты устраняются в процессе технического обслуживания;

II – неисправное (удовлетворительное) состояние – дефекты устраняются в процессе технического обслуживания и текущего ремонта;

III – ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) состояние – опасность обрушения отсутствует. Необходимо соблюдение всех эксплуатационных