

DASHKEVICH V.G., PIVOVARCHIK A.A. SHCHERBAKOV V.G. Research the safety spark the boridnykh and zinc coverings as a result of frictional contact

Considered various options spark coatings in grinding samples rotating abrasive wheel. The characteristics of friction sparks for coating diffusion (borated and zinc) and weld specimens. Studies have shown the use of metallurgical wastes as a basis for the diffusion-alloyed filler material that after the application of inductively high wear and intrinsic safety. According to test results according to STB 05.11.04 - 2007 diffusion coatings were found to intrinsically safe and approved for use in areas of category A by explosion and fire hazard.

УДК 69.058:510.22

Яловая Ю.С.

## ОЦЕНИВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ РАЗМЫТЫХ МНОЖЕСТВ

**Введение.** Визуальный осмотр конструкций может оказаться особенно полезным, если инструментальный подход технического состояния зданий и сооружений затруднен в связи с большой трудоемкостью и длительностью его проведения во времени, а также при неполноте и неточности необходимых для анализа данных.

Еще более сложной является задача определения категорий технического состояния конструкций, так как недостаточно просто дать оценку некоторой конструкции при визуальном обследовании: 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 отнесение к категории технического состояния конструкции 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.). 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.

Неполнота и неточность информации могут заключаться в принципиальной невозможности полного сбора и учета информации об анализируемой конструкции, некоторой недостоверности и недостаточности исходной информации и др. Кроме того, работы, связанные с усилением и ремонтом строительных конструкций, в значительной мере зависят от того, насколько объективно и квалифицированно проведены натурные обследования экспертом с точки зрения достоверности имеющихся дефектов. Следовательно, можно говорить о наличии «субъективного» человеческого фактора в задачах определения технического состояния конструкции.

**Методика исследования.** 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 3 нечеткие лингвистические переменные: «прогиб», «трещины» и «коррозия», а в качестве выходных параметров – нечеткая лингвистическая переменная «категория» (рис. 1).

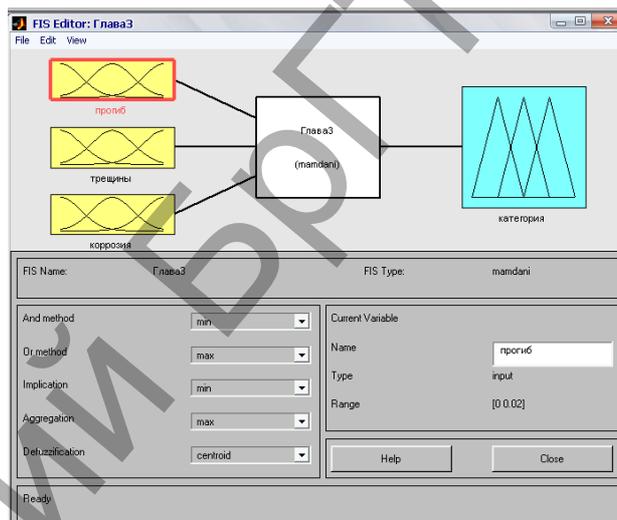


Рис. 1. Вид редактора FIS с принятыми входными и выходными параметрами

В качестве терм-множества лингвистической переменной «прогиб» было использовано множество  $T_1 = \{\text{«малый», «средний», «большой»}\}$ . При этом границы термина 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.

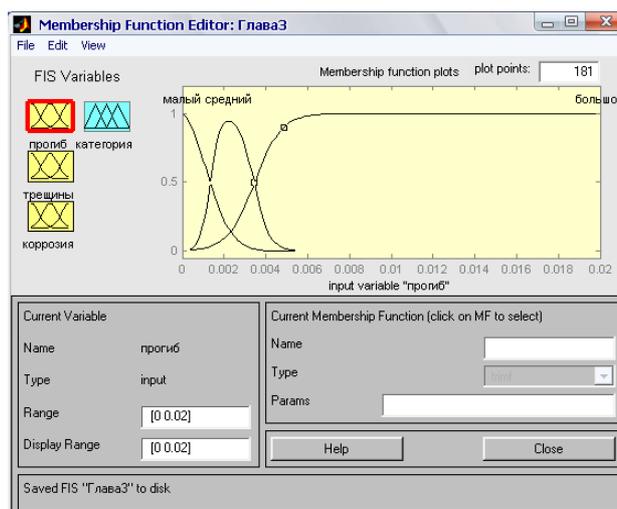


Рис. 2. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «прогиб»

Яловая Юлия Сергеевна, магистрант кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

В качестве терм-множества лингвистической переменной «трещины» было использовано множество  $T_2 = \{\text{«незначительные»}, \text{«допустимые»}, \text{«недопустимые»}\}$ . 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  $[0,3; 1]$  (рис. 3). Данные границы измеряются в мм и приняты в соответствии с рекомендациями [1].

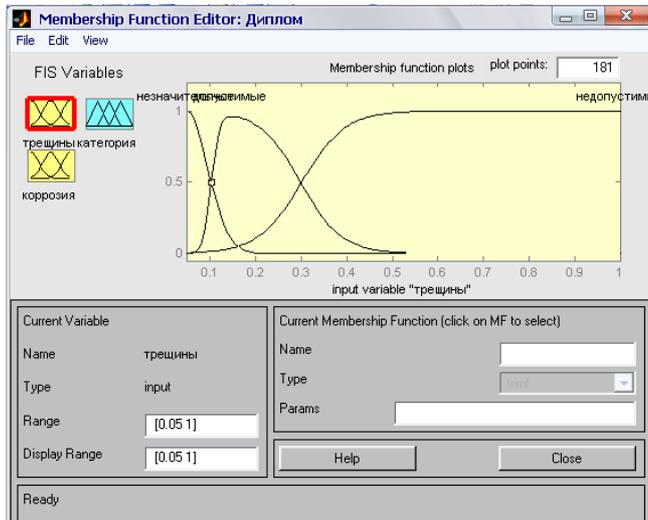


Рис. 3. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины»

В качестве терм-множества лингвистической переменной «коррозия» использовано множество  $T_3 = \{\text{«слабая»}, \text{«средняя»}, \text{«сильная»}\}$ . При этом каждому из термов второй входной переменной соответствуют определенные границы: для «слабая» соответствует  $[0; 10]$ , для «допустимые» соответствует  $[10; 20]$ , для «недопустимые» соответствует  $[20; 40]$  (рис. 4). Данные границы выражены в %, приняты по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.

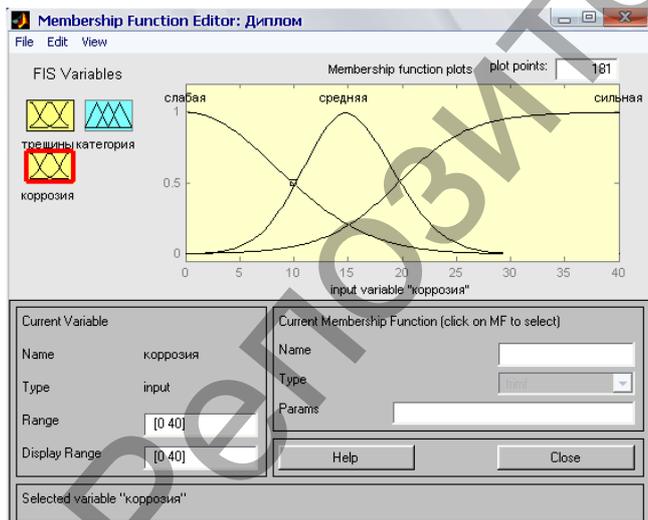


Рис. 4. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «коррозия»

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной «категория» использовано множество  $T_4 = \{\text{«1»}, \text{«2»}, \text{«3»}\}$ . 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  $[2,2; 3]$  (рис. 5). Данные границы приняты по результатам обзора рейтинговых систем оценки дефектов строительных конструкций зданий и сооружений различных стран.

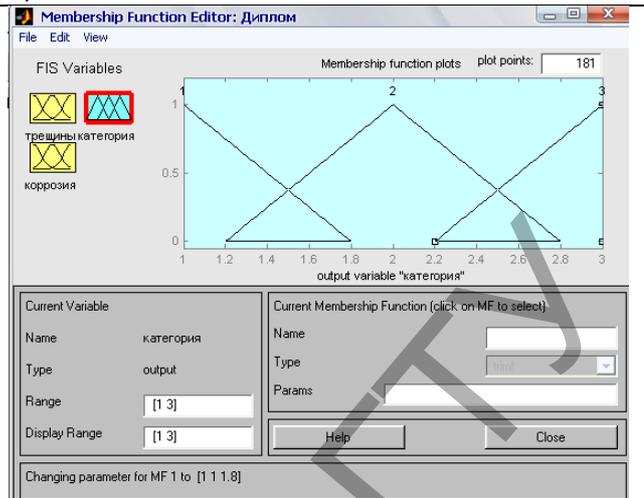


Рис. 5. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для выходной переменной «категория»

Для каждого терма нами были определены типы функций принадлежности таким образом, чтобы при пересечении двух функций они 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 интервала 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.

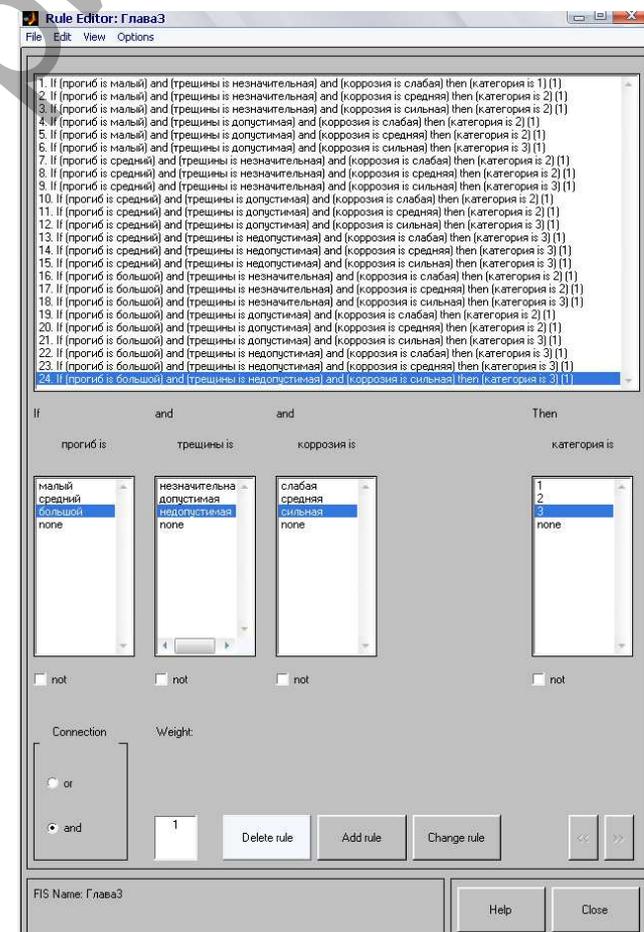


Рис. 6. Вид редактора правил нечеткого вывода после их определения

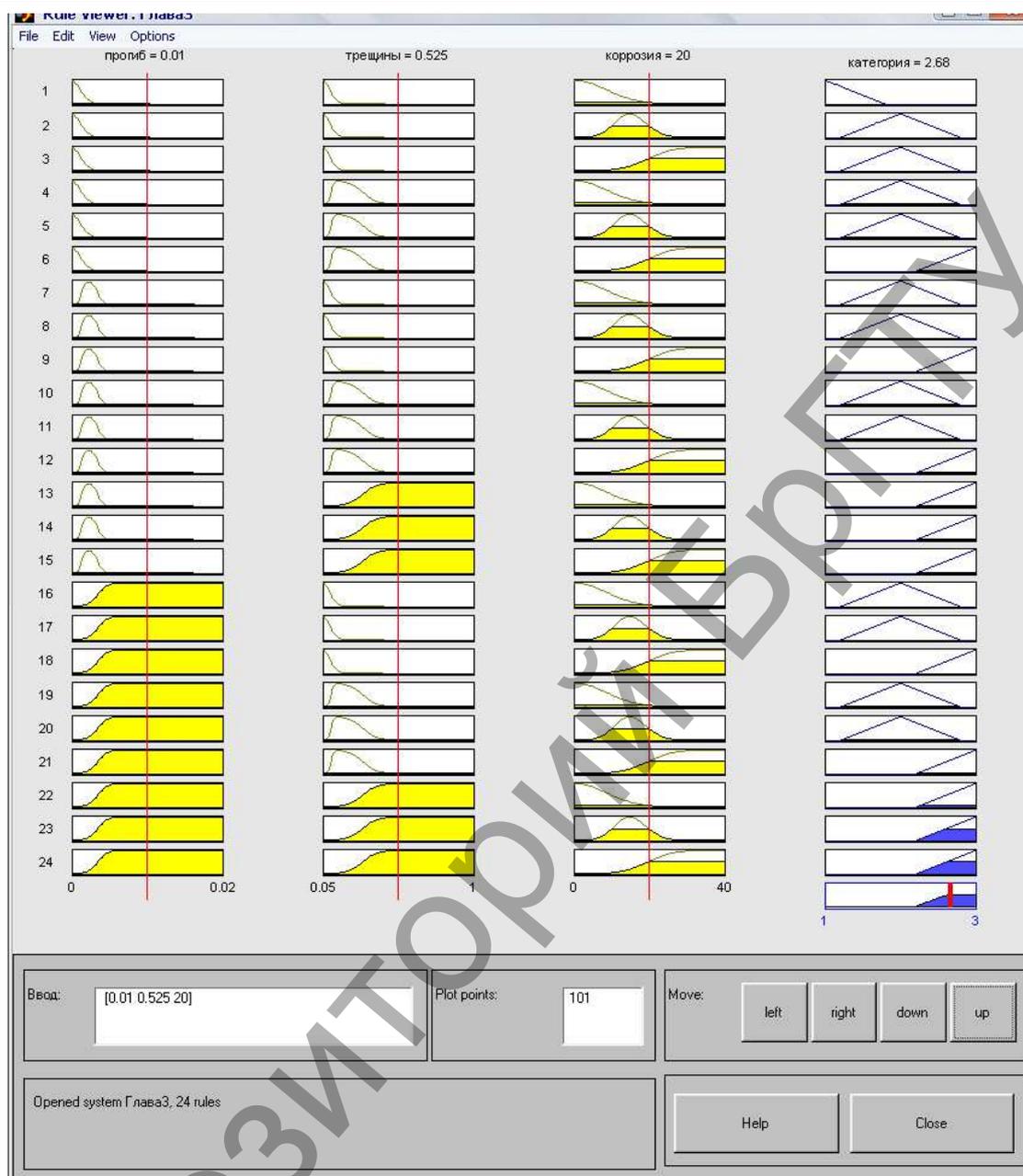


Рис. 7. Вид программы просмотра правил нечеткого вывода

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.

**Результаты исследований.** Используя разработанную методику, нами было проведено оценивание технического состояния конструкции по характерным дефектам для реальных строительных объектов: «Склад карбамида и корпус 422 цеха Карбамид-2 ОАО «Гродно-Азот» и «Гальванический цех ОАО «Гомельский радиозавод» и были выявлены следующие дефекты (таблица 1).

Таблица 1. Дефекты и повреждения покрытия и перекрытий корпуса 422 цеха Карбамид-2 ОАО «Гродно-Азот»

№ п/п	Описание дефектов и повреждений
1	Намокание нижней поверхности плит перекрытия и покрытия и разрушение шпатлевки (70% площади поверхности всех плит)
2	Участки биологической коррозии и высолы на 15% нижней поверхности плит и монолитных участков
3	Разбитые участки бетона плит, отверстия диаметром от 50 до 900 мм для пропуска различных инженерных коммуникаций
4	Дефекты плит, вызванные при их изготовлении (низкое качество уплотнения бетона, малая толщина защитного слоя на 12% площади плит)
5	Коррозия нижних арматурных сеток (0,5% площади поперечного сечения на общей площади 60-70 м <sup>2</sup> )
6	Разрушение защитного слоя бетона и оголение рабочей арматуры на 10% площади плит

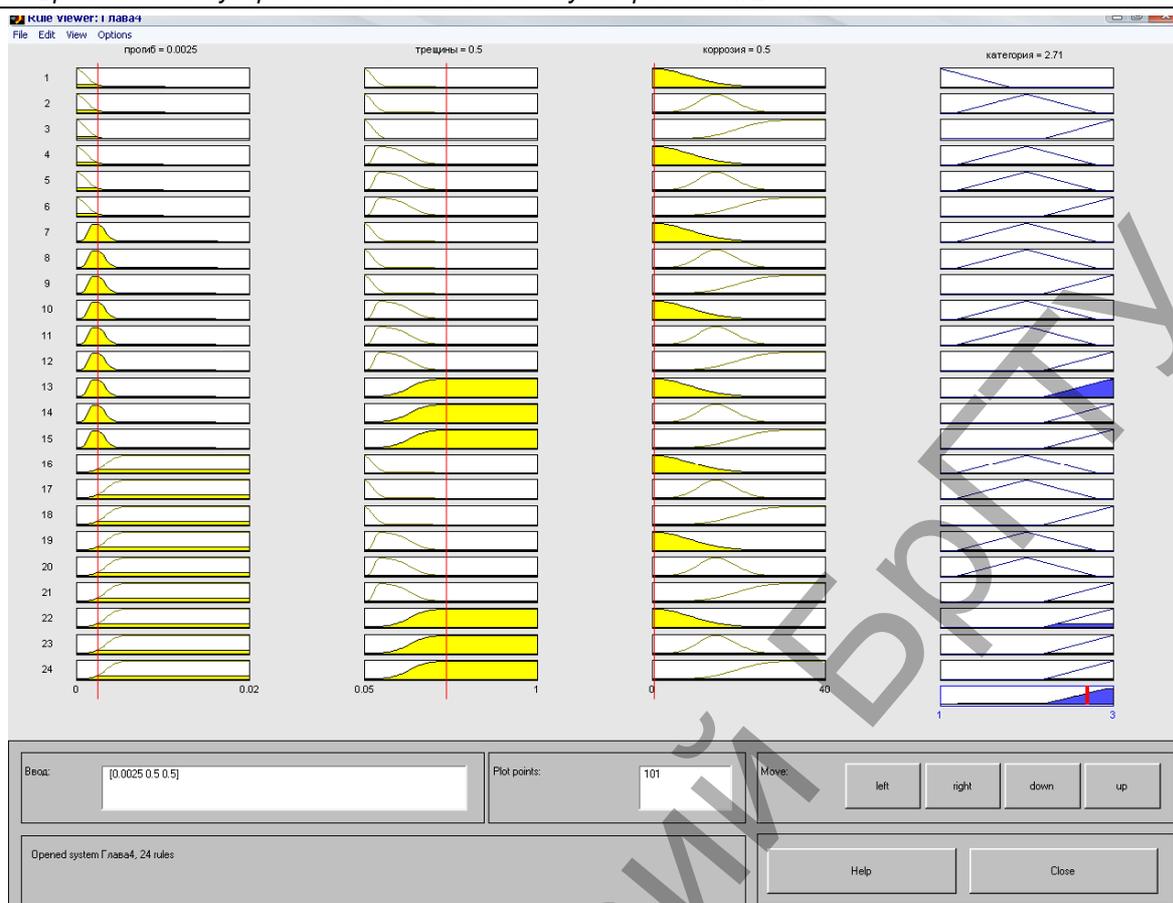


Рис. 8. Результат правил нечеткого вывода для покрытия и перекрытий корпуса

По результатам обследования с помощью полученной конечной функции принадлежности при прогибе 1/400 пролета, ширине раскрытия трещин 0,5 мм, коррозии арматуры 0,5% имеем категорию 2,71 (рис. 8), используя правила округления, получаем 3 категорию технического состояния. Это означает, что покрытие и перекрытия корпуса с данными значениями факторов имеют неработоспособное состояние и требуют капитального ремонта.

При выполнении детального обследования покрытия гальванического цеха были выявлены следующие дефекты и повреждения:

- ширина раскрытия продольных трещин по ребрам – 3..5 мм;
- остаточный диаметр стержней вследствие коррозии – 22..23 мм (плиты армированы стержневой арматурой диаметром 25 мм). Следовательно, уровень коррозионного повреждения арматуры составляет 12%.

По результатам обследования с помощью полученной конечной функции принадлежности при прогибе 1/400 пролета, ширине раскрытия трещин >1 мм, коррозии арматуры 12% имеем категорию 2,73 (рис. 9), используя правила округления, получаем 3 категорию технического состояния. Это означает, что покрытия цеха с данными значениями факторов имеют неработоспособное состояние и требуют капитального ремонта.

**Заключение.** 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, что было подтверждено в оценивании реальных строительных конструкций.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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. Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – Винница: Издательство Винницкого государственного технического университета, 2001. – 198 с.
3. Панкевич, О.Д. Диагностика причин трещин строительных конструкций на основе мягких вычислений // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво / О.Д. Панкевич, С.Д. Штовба, Д.П. Штовба – 2004. – Вып. 69. – С. 179–184.
4. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
5. Ming-Te, Liang Applying fuzzy mathematics to evaluating the membership of existing reinforced concrete bridges in Taipei / Liang Ming-Te, Wu Jai-He, Liang Chih-Hsin // Journal of Marine Science and Technology. – 2000. – Vol. 8. – No.1 – P. 16–29.
6. Puklicky, L. Examples of application of fuzzy logic to building industry research / L. Puklicky, Z. Kala // Recent Researches in Mechanics. – 2011. – P. 56–59.
7. Солдатенко, Т.Н. Модель идентификации и прогноза дефектов строительной конструкции на основе результатов ее обследования // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 7. – С. 52–61.

#### YALOVAYA Yu.S. Estimation of a technical condition of a design by results of natural supervision with use of the theory of indistinct sets

The developed expert system of an indistinct conclusion allows to define category of a technical condition of a construction design on the basis of 3 available factors – a deflection, width of disclosure of cracks and the level of corrosion damage of fittings expressed by loss of the area of section of a core, on the basis of a Fuzzy Logic Toolbox package within the MatLab environment that is confirmed in estimation of real construction designs.

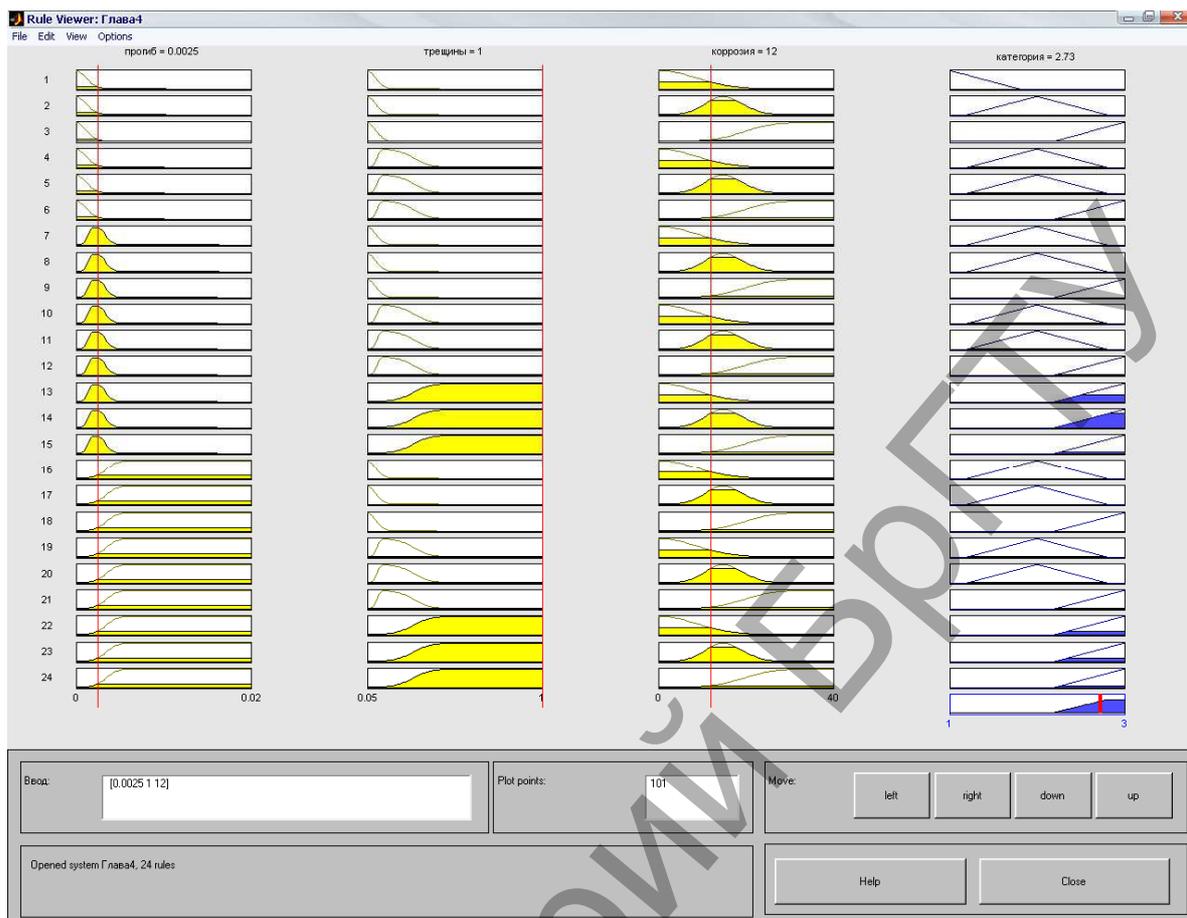


Рис. 9. Результат правил нечеткого вывода для покрытий гальванического цеха

Материал поступил в редакцию 08.05.13

УДК 691:620.19:(083.7)

Яловая Ю.С.

## РЕЙТИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ДЕФЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ДОКУМЕНТАМ РАЗЛИЧНЫХ СТРАН

**Введение.** В настоящее время одной из наиболее актуальных градостроительных проблем является качество строительства, определяющее срок службы зданий. Как правило, строительные конструкции зданий и сооружений со значительным сроком службы имеют те или иные повреждения. Выявление этих дефектов осуществляется при плановых и неплановых обследованиях технического состояния конструкций. Правильное определение дефектов строительных конструкций, а также прогноз тенденций их изменения необходимы для принятия оптимальных решений по эксплуатационным воздействиям для поддержания работоспособного состояния зданий и сооружений.

Существующие методы оценивания технического состояния зданий и сооружений базируются в основном на инструментальных исследованиях, рассчитаны на проведение больших организационных мероприятий и 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.

**Подходы, принятые при оценке технического состояния в нормах.** В Республике Беларусь действует ТКП [1], в соответствии с которым конструкции по техническому состоянию относят к следующим категориям:

- 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 требований. Возможны ограничения некоторых параметров эксплуатации. Требуется ремонт.
- IV – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние – необходимо срочное ограничение нагрузок. Требуется капитальный ремонт, усиление или замена элементов или конструкций (уточняется расчетом).
- V – предельное (предаварийное) состояние – требуется вывод людей из опасной зоны, срочная разгрузка конструкций и (или) устройство временных креплений с последующей разборкой и заменой конструкций.

В зависимости от класса дефектов, степени их распространения, а также от назначенной степени ответственности участка (элемента конструкции или системы), в котором обнаружены данные дефекты, определяют категорию технического состояния конструкции в соответствии с таблицей 1.