

ванной белой извести, специально предназначенной для выполнения реставрационных работ. При проведении штукатурных, затирочных и грунтовочных работ следует соблюдать инструкции и рекомендации предприятия-изготовителя строительных материалов, используемых в реставрационных работах [4, 5].

Перед окраской поверхность следует обработать грунтовкой, изготовленной на основе высокоактивной гидратной извести. Грунтовка должна обладать высокой паропроницаемостью, максимально приближенной к значению паропроницаемости минеральных составов. Грунтование проводится с целью уменьшения водопоглощения основания и улучшения адгезии к основанию последующего слоя лакокрасочного покрытия. Для обработки минеральных известковых поверхностей рекомендуются грунтовки, предназначенные для грунтования кирпичных стен и стен, оштукатуренных известковыми штукатурками на исторических объектах и памятниках архитектуры.

Окрашивание поверхности следует проводить составами, формирующими покрытие с высокой паропроницаемостью и низким водопоглощением. Для этого в наибольшей степени подходят водно-дисперсионные краски, модифицированные силиконовыми смолами и содержащие силикаты. Такие краски образуют наиболее микропористое покрытие, гидрофобное покрытие с низким грязеудержанием и могут наноситься на высокощелочные основания известковых штукатурок. В частности рекомендуются водно-дисперсионные краски, которые специально предназначены для проведения реставрационных работ по богатым известью основаниям. Могут применяться также высококачественные известковые краски белорусских и иностранных производителей, специально предназначенные для

реставрационных работ по известковым основаниям, имеющие хорошую паропроницаемость. Возможно применение аналогичных красок других производителей, специально предназначенных для реставрационных работ. Производить покраску фасадов рекомендуется не ранее, чем через 28 суток после выполнения всех подготовительных работ [1, 4, 5].

Недопустимо использование при окраске данного фасада обычных водно-дисперсионных красок на основе акриловых полимеров. В этом случае может произойти омыление полимерного плёнокообразователя, что сопровождается шелушением краски, отслоением её от подложки и изменением первоначального цвета. Кроме того, низкая паропроницаемость покрытия может привести к его отслоению от минеральной подложки.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никитин, Н.К. Химия в реставрации: справ. пособие / М.К. Никитин, Е.П. Мельникова. – Л.: Химия, 1990. – 304 с.
2. Ратинов, В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1969. – 198 с.
3. Ивлиев, А.А. Реставрационные строительные работы / А.А. Ивлиев, А.А. Калыгин. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 272 с.
4. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и повреждённых солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М.: ООО «Пэинт-медиа», 2006. – 320 с.
5. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэинт-Медиа, 2004. – 548 с.

Материал поступил в редакцию 22.05.14

#### TUR E.A., BASOV S.V. Investigation of mineral materials that were used in the construction of the palace complex sapega in ruzhany

Restoration works enable to preserve historical and cultural heritage of Belarus. The authors investigated the building materials that were used in the construction of the Palace complex Sapega. Discovered and studied a sample of finish painting structure. Developed recommendations for the restoration work.

УДК 69.058:510.22

Тур В.В., Яловая Ю.С.

## ИСПОЛУЗАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИЗУАЛЬНОГО ОСМОТРА

**Введение.** Наиболее простой и быстрый метод обследования несущих и ограждающих конструкций – это визуальный осмотр. В большинстве случаев для проведения подобного обследования на обычных объектах не требуется каких-либо специальных приборов или инструментов. Визуальное обследование конструкций зданий и сооружений помогает выявить явные дефекты, а также факты нарушения в эксплуатации зданий или сооружений, оценить возможность возникновения перегрузок на различных участках, выявить явные проблемы с воздействием агрессивных химических и природных сред. Чаще всего во время визуального обследования наибольшее внимание уделяется осмотру и фиксации явных дефектов конструкций. Данная форма обследования дает информацию о разрушении защитного слоя бетона, возникновении коррозии металла, декарбонизации и других моментах, требующих тщательного исследования с помощью специализированных инструментов.

Визуальная экспертиза проводится достаточно быстро и часто служит для независимой оценки состояния того или иного удаленного объекта. Однако качество визуального обследования зданий и сооружений напрямую зависит от практического опыта эксперта, а также от «субъективного» человеческого фактора в задачах принятия решений в условиях неопределенности.

Неопределенность и расплывчатость представлений человеческих знаний привели к необходимости создания теории, позволяющей формально описать нестрогие нечеткие понятия и обеспечивающей возможность познания процессов рассуждений, содержащих

такие понятия. Крупным шагом в этом направлении явился подход, основанный на использовании понятия нечеткого множества Л.Заде, который позволяет дать строгое математическое описание в действительности расплывчатых утверждений. Теория нечетких множеств появилась в результате обобщения и переосмысления достижений в многозначной логике, теории вероятностей и математической статистики, дискретной математики и др. и начала развиваться после публикации в 1965 году основополагающей работы Л.Заде [1].

Для оценки 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).

Яловая Юлия Сергеевна, аспирант Брестского государственного технического университета.

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

Строительство и архитектура

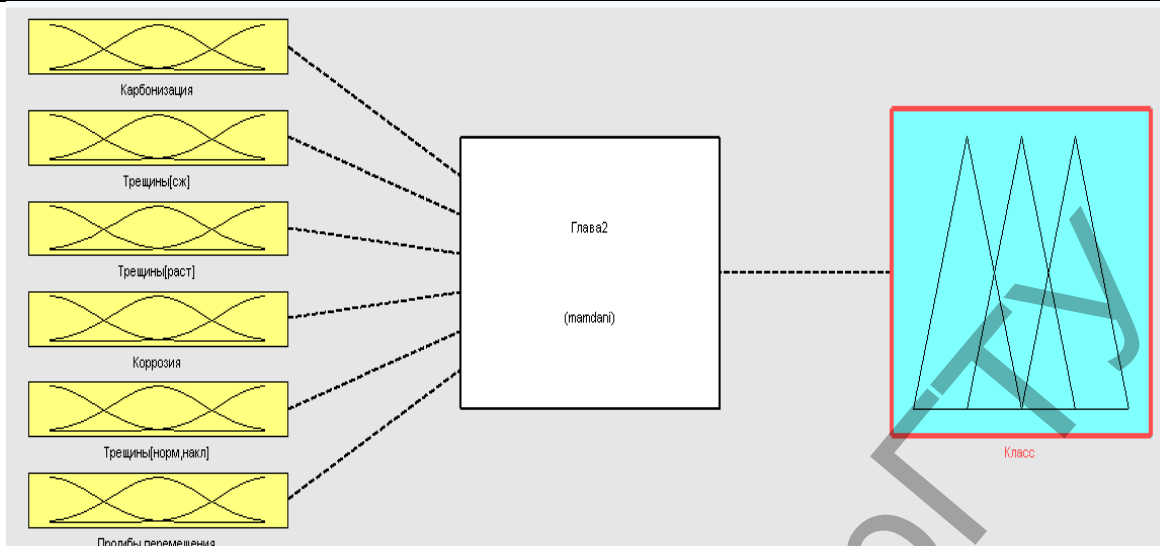


Рис. 1. Вид редактора FIS с принятыми входными и выходными параметрами

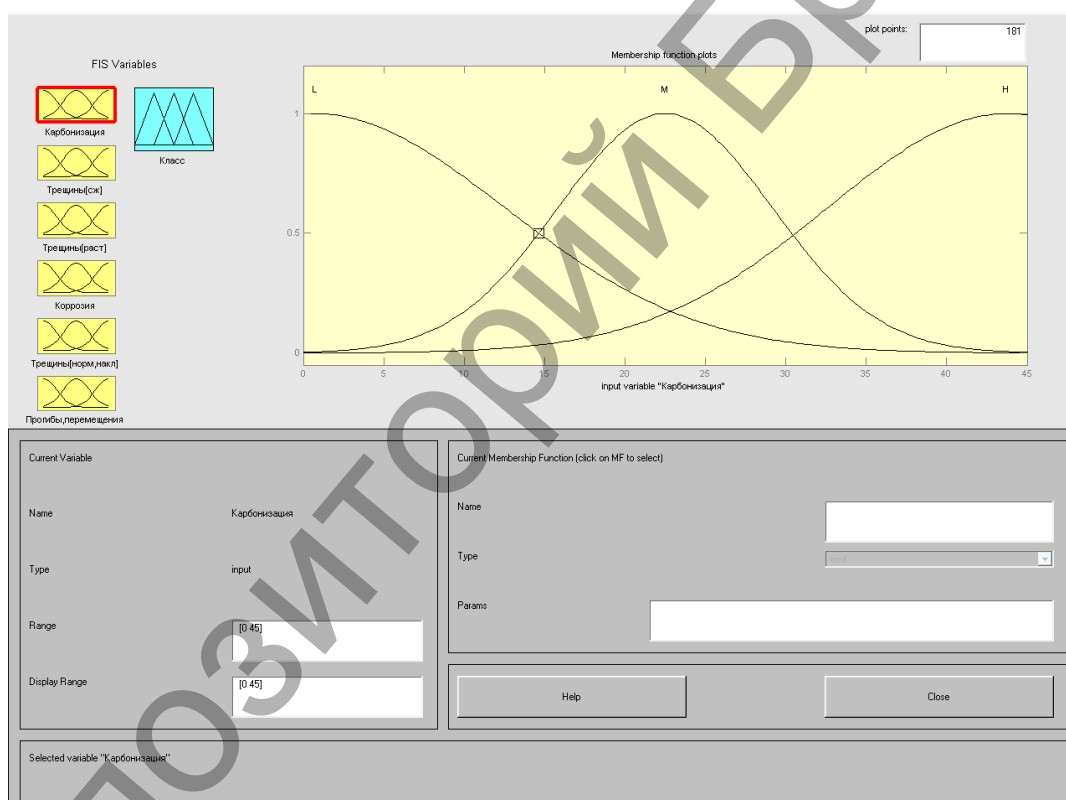


Рис. 2. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «карбонизация»

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).

В качестве терм-множества *первой* лингвистической переменной «карбонизация» использовалось множество  $T_1 = \{«L», «M», «H»\}$ . При этом каждому из термов первой входной переменной соответствовали определенные границы: для «L» соответствовали  $[0; 15]$ , для «M» –  $[15; 30]$ , для «H» –  $[>30]$  (рисунок 2).

В качестве терм-множества *второй* лингвистической переменной «трещины [сж]» использовалось множество  $T_2 = \{«L», «M», «H»\}$ . При этом каждому из термов второй входной переменной соответ-

ствовали определенные границы: для «L» соответствовали  $[0; 0,05]$ , для «M» –  $[0,05; 1]$ , для «H» –  $[>1]$  (рисунок 3).

В качестве терм-множества *третьей* лингвистической переменной «трещины [раст]» использовалось множество  $T_3 = \{«L», «M», «H»\}$ . При этом каждому из термов третьей входной переменной соответствовали определенные границы: для «L» соответствовали  $[0; 0,1]$ , для «M» –  $[0,1; 1]$ , для «H» –  $[>1]$  (рисунок 4).

В качестве терм-множества *четвертой* лингвистической переменной «коррозия» использовалось множество  $T_4 = \{«L», «M», «H»\}$ . При этом каждому из термов четвертой входной переменной соответствовали определенные границы: для «L» соответствовали  $[0; 0,05]$ , для «M» –  $[0,05; 1]$ , для «H» –  $[>1]$  (рисунок 5).

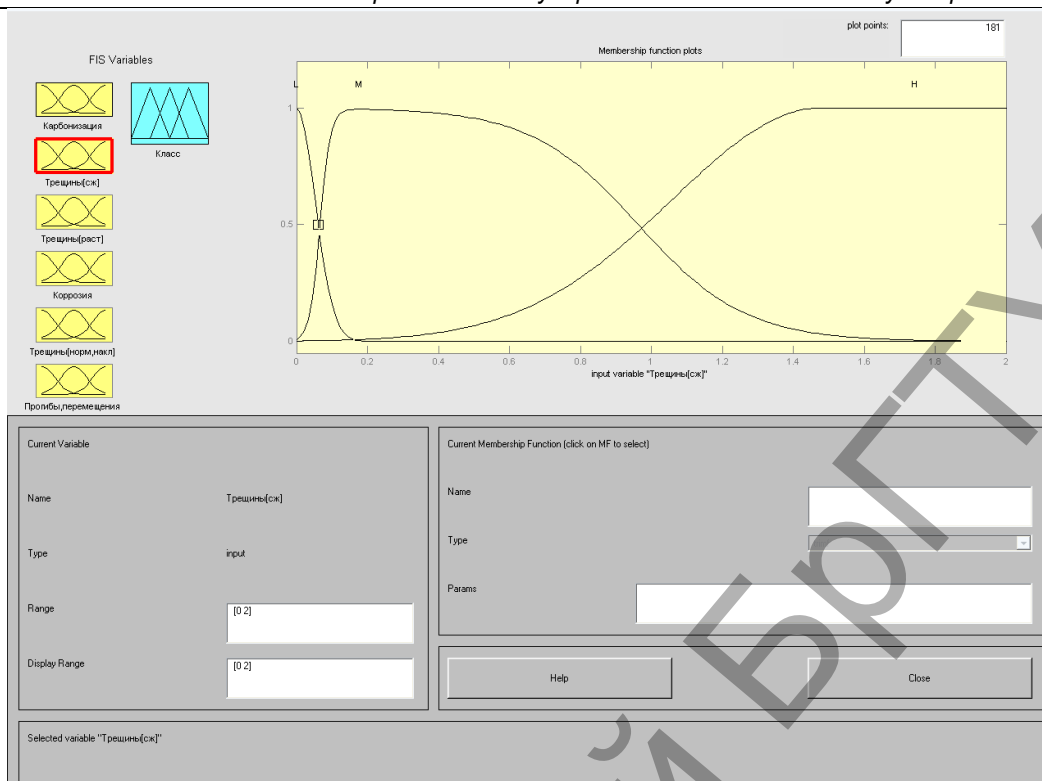


Рис. 3. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины [сж]»

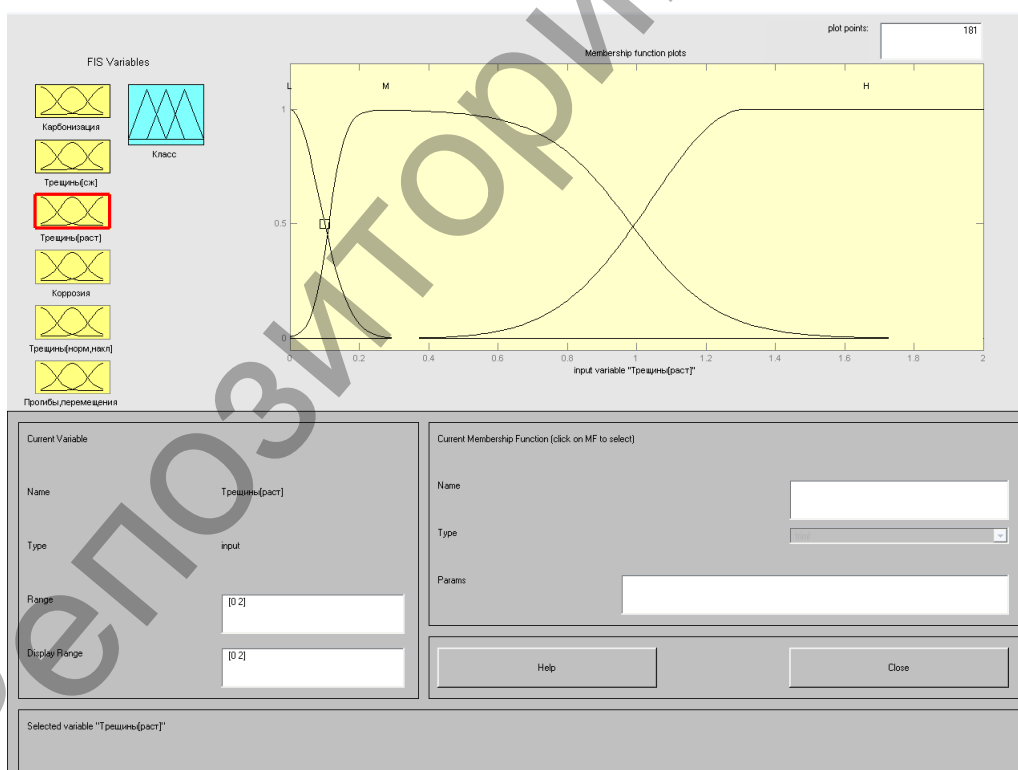


Рис. 4. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины [раст]»

В качестве терм-множества пятой лингвистической переменной «трещины [норм, накл]» использовалось множество  $T_5 = \{«L», «M», «H»\}$ . При этом каждому из термов пятой входной переменной соответствовали определенные границы: для «L» соответствовали  $[0; 0,2]$ , для «M» –  $[0,2; 0,4]$ , для «H» –  $[>0,4]$  (рисунок 6).

В качестве терм-множества шестой лингвистической переменной «прогибы, перемещения» использовалось множество  $T_6 = \{«L», «M», «H»\}$ . При этом каждому из термов шестой входной переменной соответствовали определенные границы: для «L» соответствовали  $[0; 1/300 (0,0033)]$ , для «M» –  $[1/300 (0,0033); 1/100 (0,01)]$ , для «H» –  $[>1/100 (0,01)]$  (рисунок 7).

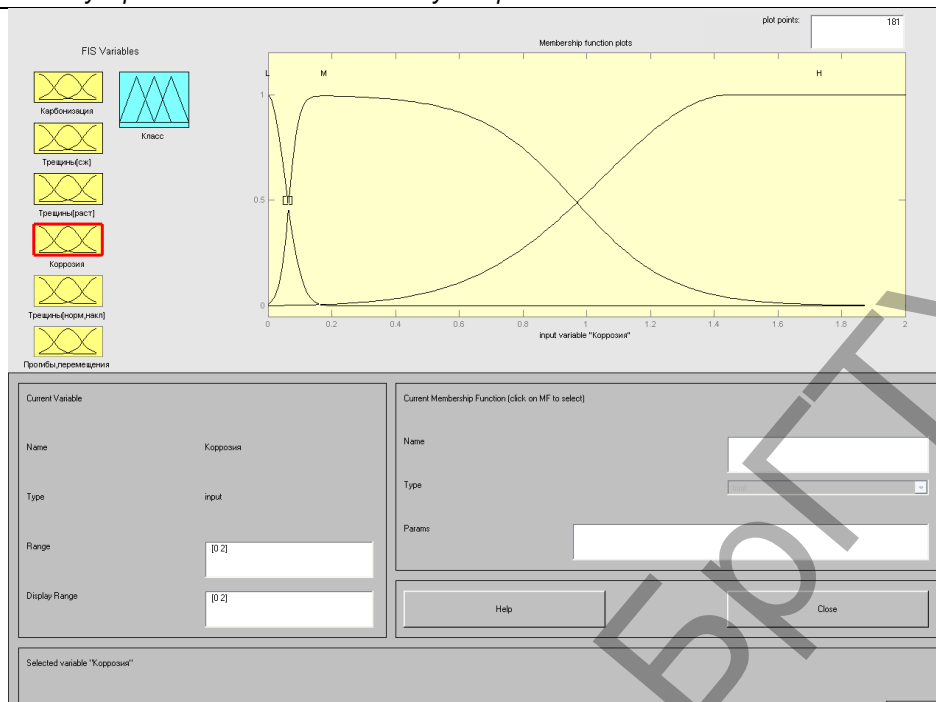


Рис. 5. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «коррозия»

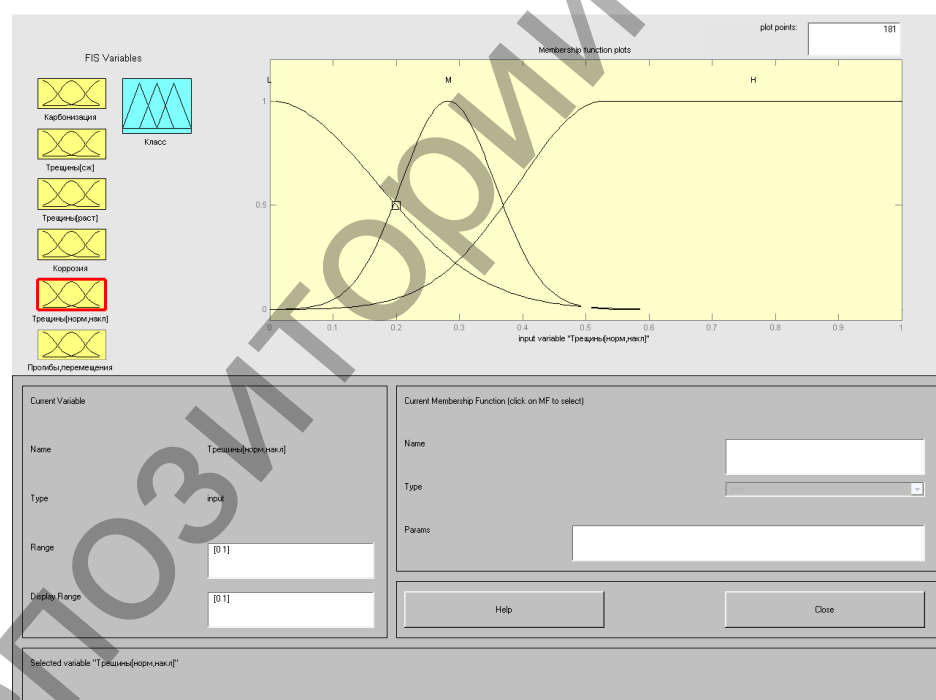


Рис. 6. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины [норм, накл]»

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной «класс» использовалось множество  $T_7 = \{«1», «2», «3», «4», «5», «6»\}$ . При этом каждому из термов выходной переменной соответствовали определенные границы: для «1» соответствовали [1; 2], для «2» – [1; 3], для «3» – [2; 4], для «4» – [3; 5], для «5» – [4; 6], для «6» – [5; 6] (рисунок 8).

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.

используя правила округления, получаем 5 класс технического состояния. Это означает, что конструкция с данными значениями факторов

После задания 26 правил нечеткого вывода (рисунок 9) выдавался результат нечеткого вывода для конкретных значений входных переменных. По умолчанию для входных переменных предлагались средние значения из интервала их допустимых значений (рисунок 10). Это означает, что при глубине карбонизации 22,5 мм, ширине раскрытия продольных трещин в защитном слое бетона вдоль сжатых стержней 1 мм, ширине раскрытия продольных трещин в защитном слое бетона вдоль растянутых стержней 1 мм, глубине коррозии арматуры 1 мм, ширине раскрытия нормальных, наклонных трещин 0,5 мм, прогибе 1/50 (0,02) значениям входных переменных соответствует класс 5,47, имеет неадекватное состояние, требуется немедленное изменение плана эксплуатации и ремонт.

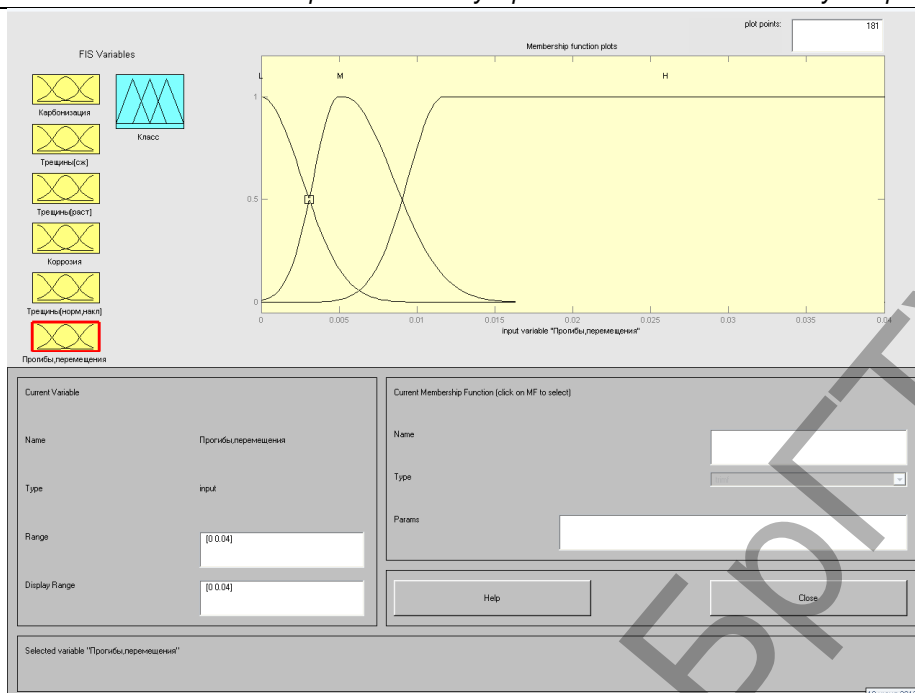


Рис. 7. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «прогибы, перемещения»

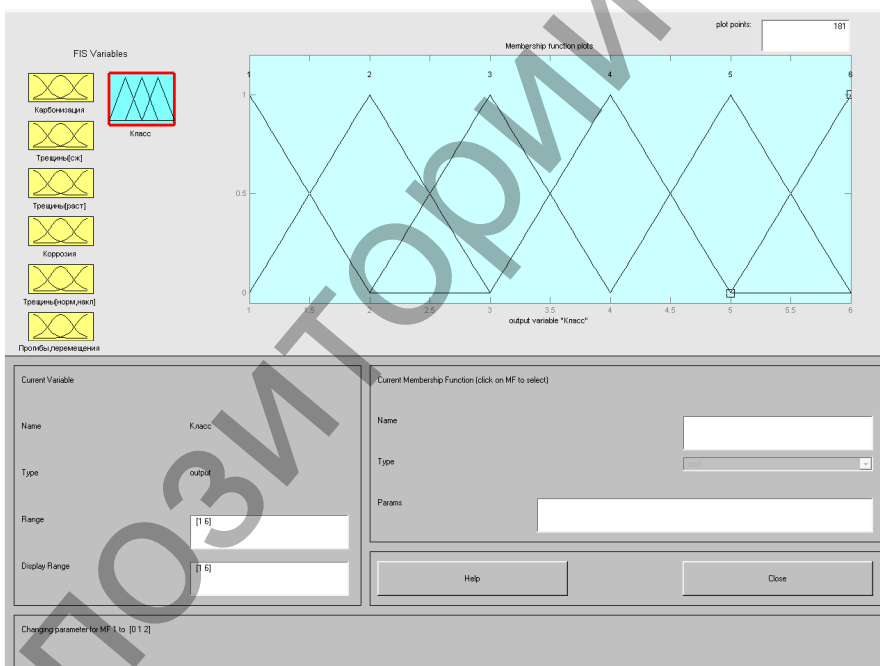


Рис. 8. Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для выходной переменной «класс»

Таким образом, 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 каждых 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].

**Заключение.** 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 имеющихся факторов: повреждения бетона, снижающие защитные свойства по отношению к арматуре (карбонизация), образование продольных трещин в защитном слое бетона вдоль сжатых стержней, образование продольных трещин в защитном слое бетона вдоль растянутых стержней, глубина коррозии арматуры, образование нормальных, наклонных трещин и прогибы (перемещения).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Ибрагимов, В.А. Элементы нечеткой математики: учеб. пособие / В.А. Ибрагимов. – Баку: Азербайдж. гос. нефтяная акад., 2010. – 392 с.

- Рекомендации по оценке надежности железобетонных конструкций эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений: Р 1.03.0.42.07. – Брест: БрГТУ, 2007. – 60 с.

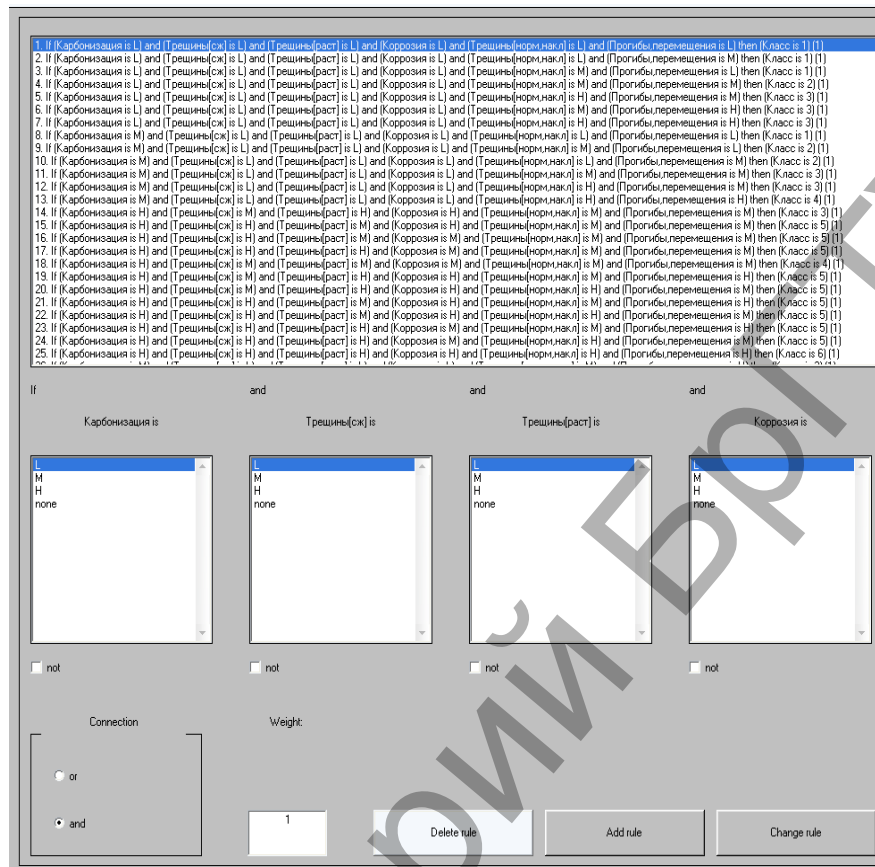


Рис. 9. Вид редактора правил нечеткого вывода после их определения

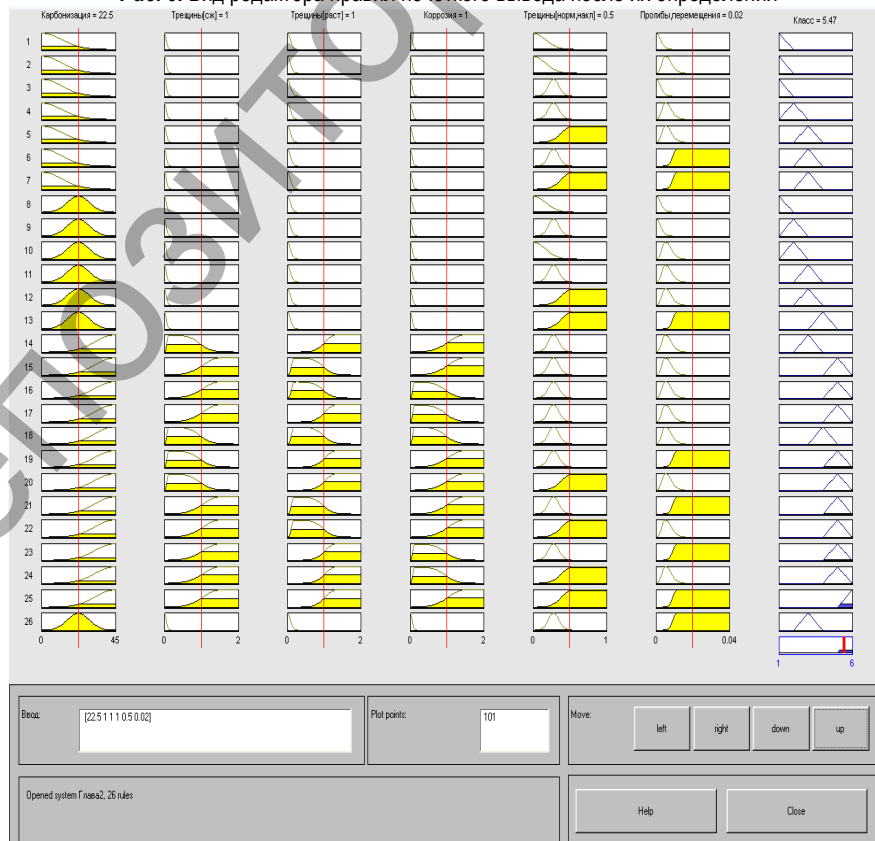


Рис. 10. Вид программы просмотра правил нечеткого вывода

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.

УДК 624.014.2

Шалобыта Н.Н., Деркач Е.А., Шалобыта Т.П.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОСКОГО МНОГОПУСТОТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ VST

**Ведение.** Применение в строительстве съёмной опалубки для возведения монолитных конструктивных систем предполагает, что опалубку устанавливают на месте строительства, устанавливают армирование, выполняют бетонирование и демонтируют элементы опалубки после того, как монолитный бетон набирает необходимую прочность. Современные технологии производства монолитных работ предполагают применение в том числе и различных систем несъёмной опалубки, которая после бетонирования функционирует как элемент конструкции. VTS-системы композитной несъёмной опалубки в Европе используются в строительстве более 15 лет. Но для строительства и индустрии стран СНГ VST-технология является относительно новой, несмотря на то, что она дает возможность снизить себестоимость строительства, сократить его сроки, повысить качество выполняемых отделочных работ.

Цементно-стружечные плиты являются основой систем несъёмной опалубки (VTS-system). Система состоит из зафиксированных в проектное положение цементно-стружечных плит (ЦСП), толщина которых составляет 24 мм, специальных соединительных элементов, (запатентованные стальные элементы («замки»)), специальных направляющих «сар-профилей» и конструктивной арматуры (рисунк 1). После соединения перекрытий и стен в узлы, происходит укладка монолитного самоуплотняющегося бетона.

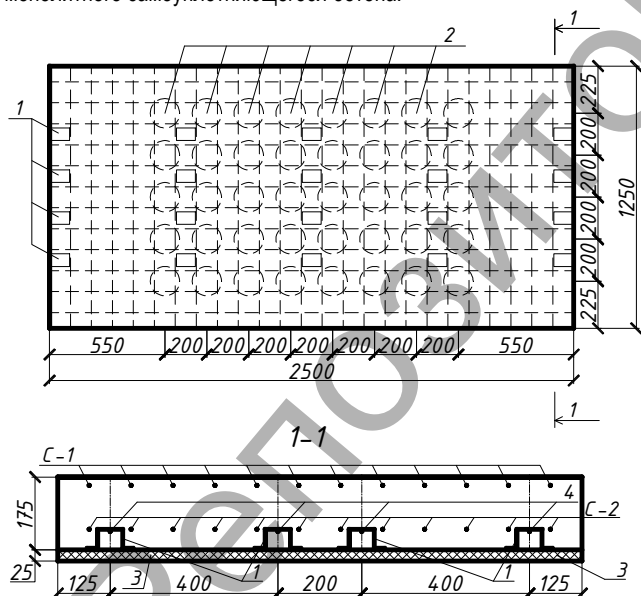
площадке остается лишь бетонировать элементы и монтировать их.

Применение в перекрытиях VST-элементов позволяет значительно, по сравнению с традиционными сборными и монолитными системами, расширить геометрию конструкций, при этом сама система несъёмной опалубки имеет небольшой вес и экономична в транспортировке.

**Конструктивное решение плиты с эффективными пустотообразователями.** Следует отметить, что в монолитных зданиях каркасной системы основная масса монолитного железобетона сосредоточена в перекрытиях, как правило, проектируемых по безбалочной конструктивной схеме. Поэтому наиболее рациональной областью материало- и ресурсосбережения является применение эффективных типов перекрытий.

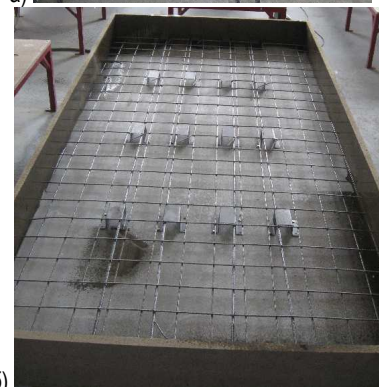
В Июле 2011 года ОАО "Строительный трест №8" (РБ г. Брест) освоил новую технологию производства и применения системы композитной опалубки (VST). Для этой цели была проведена значительная модернизация предприятия – построен новый цех для производства элементов VST системы, произведено переоборудование действующих площадей, специалисты прошли обучение в Европе.

В настоящее время специалистами Брестского государственного технического университета предложено эффективное решение монолитных перекрытий с использованием VST-технологий (рисунок 2).



1 – шляпный профиль; 2 – сферические пустотообразователи; 3 – лист несъёмной опалубки из ЦСП; 4 – продольная арматура Ø 8 мм  
**Рис. 1.** Принципиальная схема плиты с несъёмной опалубкой

Отличительной особенностью VST-технологии является то, что элементы перекрытий и стен соединяются в узлы непосредственно на строительной площадке. Промышленный метод производства и перевод большей части строительных действий на заводскую линию делают строительный процесс независимым от погодных условий. На строй-



Деркач Е.А., аспирант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.