

Таблица 1 – Несуча здатність згинальних елементів по нормальному перерізу

№ п/п	Зразок	Згинальний момент, кНм	Прогин, мм	Приріст несучої здатності, %	Зниження деформативності, %
1	Б1	17,9	10,0	-	-
2	Б2	27,5	8,5	35	15
3	Б3	30,0	6,0	40	40

Підсилення листовою сталлю показали нижчі результати (збільшення несучої здатності на 35%, зниження прогину на 15%), що можна пояснити меншою площею поперечного перерізу листа порівняно з кутиками.

Клейове з'єднання виявилось ефективним та надійним, про що свідчить його безвідмовна робота до повного руйнування, яке і відбулося після втрати зв'язку між бетоном і сталлю. Як і очікувалось, міцність клейового з'єднання була вищою ніж міцність бетону, тобто спостерігалось руйнування по бетону. Таким чином можна вважати доведеним, що для забезпечення сумісної роботи бетону й сталі в процесі підсилення залізобетонних конструкцій можна використовувати акрилові клеї. При цьому відпадає необхідність використання складних анкерних засобів та влаштування обойм.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Золотов М.С. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 121 с.
2. Мельман В.А., Торкатюк В.И., Золотова Н.М. Использование акриловых клеев для соединения бетонных и железобетонных конструкций // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. – К.: Техника, 2003. – Вып. 51. – С. 61-68.
3. Смолянинов, М.Ю. Несущая способность железобетонных элементов, усиленных акриловыми композициями, под действием статических нагрузок // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2006. – Вып. 37. – С. 85-90.
4. Стороженко Л.І., Семко О.В., Пенн В.Ф. Сталезалізобетонні конструкції – Полтава, 2005. – 181 с.
5. Стороженко Л.І., Лапенко О.І. Залізобетонні конструкції в незмінній опалубці. – Полтава: АСМІ, 2008. – 312 с.
6. Стороженко Л.І., Лапенко, О.І., Горб О.Г. Конструкції залізобетонних перекриттів по профільному настилу із забезпеченням сумісної роботи бетону і сталі за допомогою склеювання // Вісник Національного університету "Львівська політехніка", № 662. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. – С. 360-365.
7. Шутенко Л.Н., Зологов С.М., Гарбуз А.О. Акриловые клеи для соединения бетонных и железобетонных конструкций // Материалы докладов Международной интернет-конференции «Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков». – Белгород, 2002. – С. 201-205.

УДК 657.922:624.04

*Тур В.В., Яловая Ю.С.*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ПРИ ВИЗУАЛЬНОМ ОБСЛЕДОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В настоящее время одной из наиболее актуальных градостроительных проблем является качество строительства, определяющее срок службы зданий. Во время эксплуатации зданий и сооружений в строительных конструкциях появляется ряд дефектов, выявление которых осуществляется при плановых и неплановых обследованиях технического состояния конструкций. Правильное

определение таких дефектов, 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.

Для достижения результатов исследования был выполнен анализ современной оценки технического состояния конструктивных систем и их элементов с использованием рейтинговых методов. На основе проанализированных требований нормативно-технических документов по оцениванию технического состояния строительных конструкций установлено, что в Республике Беларусь и Российской Федерации разработанные рейтинговые оценки позволяют с помощью визуального осмотра конструкций оценить техническое состояние зданий и сооружений. Однако приведенные рейтинговые системы оценки дефектов строительных конструкций разрозненны, не имеют конкретных количественных критериев оценки, что не позволяет эффективно оценить качество строительных работ, безопасность эксплуатируемых элементов зданий и сооружений. Присвоение строительной конструкции той или иной категории по выявленным дефектам и повреждениям носит в таком случае достаточно субъективный характер и требует для обоснования огромного опыта у эксперта.

Один из современных подходов, используемых в различных задачах принятия решений в условиях неопределенности, основан на применении инструментария теории нечетких множеств Л.А. Заде. Для проведения научных исследований для построения систем нечеткого вывода был использован пакет Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MatLab.

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).

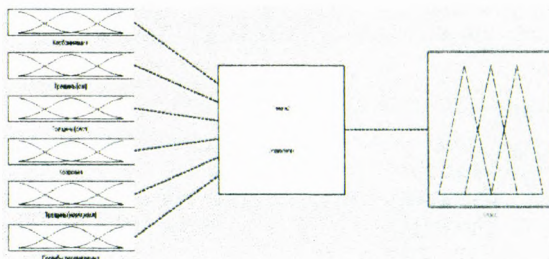


Рисунок 1 – Вид редактора FIS с принятыми входными и выходными параметрами

В качестве терм-множества *первой* лингвистической переменной «карбонизация» использовалось множество  $T_1 = \{«L», «M», «H»\}$  (рисунок 2).



Рисунок 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).



Рисунок 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).

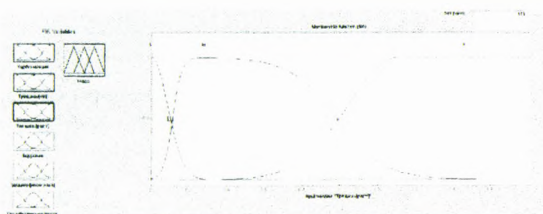


Рисунок 4 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «трещины [раст]»

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

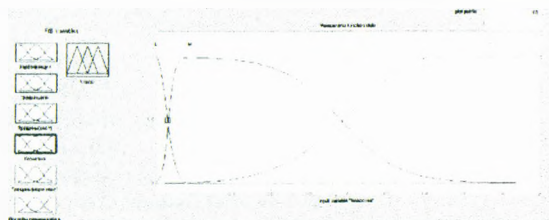


Рисунок 5 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для входной переменной «коррозия»

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



Рисунок 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).



Рисунок 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).

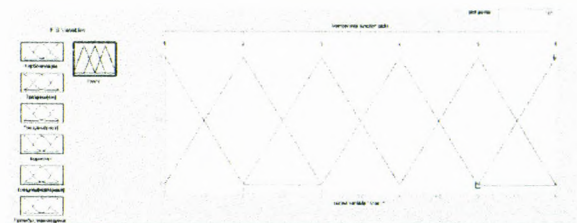


Рисунок 8 – Вид редактора функций принадлежности с принятыми названиями термов и типами их функций принадлежности для выходной переменной «класс»

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 26 правил нечеткого вывода выдавался результат нечеткого вывода для конкретных значений входных переменных [1].



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].

Используя разработанную нами методику, было проведено оценивание технического состояния конструкции по характерным дефектам для реальных строительных конструкций: перекрытия подвала здания ОПС Байки Пружанского РУПС. Плита перекрытия в пролёте армирована стальной сеткой из гладких стержней диаметром 8-10 мм класса А-I. Шаг стержней сетки составляет 150-200 мм в обоих направлениях. Толщина защитного слоя бетона 15-20 мм. При обследовании установлено, что в местах вскрытий на арматуре плит монолитного ребристого перекрытия подвала присутствуют следы сплошной поверхностной коррозии при отсутствии видимых невооружённым глазом повреждений бетона защитного слоя.

По результатам обследования с помощью полученной конечной функции принадлежности при глубине карбонизации  $>20$  мм, ширине раскрытия продольных трещин в защитном слое бетона вдоль сжатых стержней  $>0,2$  мм, ширине раскрытия продольных трещин в защитном слое бетона вдоль растянутых стержней  $>0,2$  мм, глубине коррозии арматуры  $>1$  мм, ширине раскрытия нормальных, наклонных трещин  $>0,2$  мм, прогибе  $1/300$  (0,003) пролёта имеем класс 4,93 (рисунок 9). Используя правила округления, получаем 5 класс технического состояния. Это означает, что перекрытия подвала с данными значениями факторов имеют неадекватное состояние, требуется ремонт.

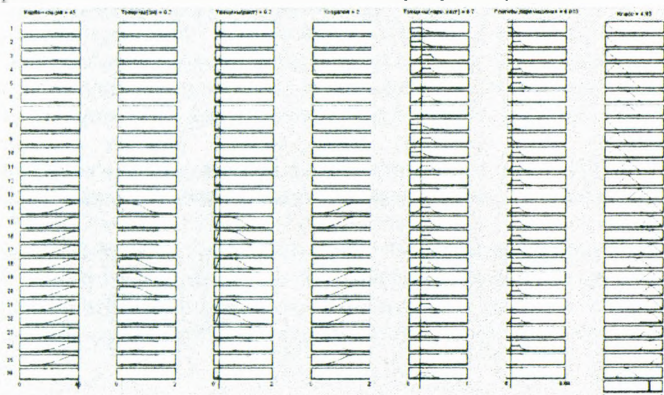


Рисунок 9 – Результат правил нечеткого вывода для перекрытия подвала здания

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.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Тур, В.В. Применение теории нечетких множеств при оценивании технического состояния конструкции по характерным дефектам для реального строительного объекта / В.В. Тур, Ю.С. Яловая // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 1 (86): Строительство и архитектура. – С. 91-96.
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 692.6.002.5

*Устинов Д.Б.*

### **ПЕРЕРАБОТКА И ВТОРИЧНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КРОВЕЛЬНЫХ БИТУМНЫХ ОТХОДОВ**

Рулонный водоизоляционный ковер на совмещенных крышах является наиболее распространенным конструктивным кровельным элементом в массовом строительстве различных зданий и сооружений. Начиная с 1960 года, в СССР на зданиях и сооружениях возводились типовые плоские крыши с битумными кровлями из рубероида, объем которых составляет 75–80% от общего объема всех возведенных крыш.

Эксплуатационные качества таких водоизоляционных ковров в значительной степени зависят от наличия технологической влаги в теплоизоляции крыши, которая может увлажняться атмосферными осадками в построечных и эксплуатационных условиях. Избыточная влага в конструкции совмещенной крыши выводит из строя водоизоляционный ковер в результате появления на его поверхности вздутий, разрывов и трещин. Протечки через разрывы в кровле приводят к переувлажнению теплоизоляции и к снижению её теплозащитных функций.

Для предотвращения появления на рулонной кровле совмещенных крыш таких дефектов и осушения теплоизоляции предусматривается устройство дышащих кровель с использованием в их нижнем слое перфорированных рулонных материалов.

При ремонте рулонных кровель требуется не только осушить теплоизоляцию на крыше, но и решить задачу вторичного применения кровельных битумных отходов.

В последнее время в Беларуси с нарастанием ведутся работы по реконструкции и ремонту рулонных кровель на различных зданиях и сооружениях, производится массовая тепловая модернизация жилых домов с доутеплением их стен и крыш. При этом образуется десятки тысяч тонн битумосодержащих отходов (рис. 1).