

DOI: 10.12737/22032

Тарарушкин Е. В., ассистент

Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

tarmstu@yandex.ru

В статье рассмотрен вопрос об использовании теории нечеткой логики для математического моделирования оценки физического износа несущих конструкций или здания в целом. Теория нечеткой логики позволяет учесть размытость показателей физического износа несущих конструкций установленных в строительных нормативных документах. В модели учтены такие входные параметры, как фактическая степень повреждения конструкции и уровень профессионализма инженерно-технического персонала. В результате моделирования установлен диапазон степени повреждения несущих конструкций, в котором наиболее заметно влияние уровня профессионализма инженера при определении показателя физического износа несущих конструкций здания.

Ключевые слова: нечеткая логика, конструкции и здания, физический износ, уровень профессионализма инженера.

Введение. Оценка технического состояния и физического износа несущих конструкций и здания является задачей насущной. На практике возникает вопрос о корректном определении технического состояния и физического износа несущих конструкций и здания инженерно-техническим персоналом. На окончательный результат влияет много факторов: качество и количество информации полученной при обследовании конструкций и здания, качество анализа информации (уровень знаний и опыт инженерного персонала), фактическое состояние несущих конструкций здания и др. Корректное определение технического состояния и физического износа несущих конструкций здания позволяет сократить стоимость проектных, ремонтно-восстановительных работ, а также их сроки исполнения.

Основная часть. В большинстве случаев при назначении показателя физического износа несущих конструкций и здания в целом строительными организациями используется такой нормативный документ как ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий». Например, при назначении показателя физического износа ленточных крупноблочных фундаментов согласно ВСН 53-86(р), инженер должен использовать таблицу 4, в которой указаны диапазоны физического износа (%) в зависимости от наличия фактических дефектов и повреждений у конструкции. Таким образом, при использовании данной таблиц нормативного документа инженер руководствуются наличием фактических дефектов и повреждений у конструкции, а также своими опытом и знаниями. Исходя из выше сказанного инженер может производить как завышение, так и занижение показателя физического износа отдельных конструкций и здания в целом.

По этой причине для оценки физического износа здания предлагается использовать теорию нечеткой логики. На сегодняшний день использование теории нечеткой логики популярно в различных областях строительной отрасли, например, данную теорию используют в моделировании сейсмических воздействий на конструкции [1], усталостных разрушений материалов [2], диагностики железобетонных и каменных конструкций [3, 4, 5], моделирование интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению состоянием конструкций [6]. Большинство работ посвященных оцениванию состояния несущих конструкций с помощью теории нечетких множеств не уделяют внимания уровню профессионализма инженерно-технического персонала, который в свою очередь может вносить вклад в оценку состояния конструкций.

Нечёткая логика – раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств, базирующейся на понятии нечёткого множества, впервые введенного математиком Заде в 1965 году как объекта с функцией принадлежности элемента к множеству, принимающей любые значения в интервале $[0,1]$, а не только 0 или 1. На основе этого понятия вводятся различные логические операции над нечёткими множествами и формулируется понятие лингвистической переменной, в качестве значений которой выступают нечёткие множества. Сегодня нечеткая логика рассматривается как стандартный метод моделирования и проектирования [7].

Для реализации математической модели была использована компьютерная программа Matlab (лицензия ТАН МГТУ им. Баумана № 906991), в частности уже со встроенным моду-

лем Fuzzy Logic Designer для создания моделей по теории нечеткой логики.

В качестве входных параметров модели было выбрано 2 нечетких лингвистических переменных: «Повреждение конструкции» (далее X_1)

и «Уровень профессионализма инженера (профпригодность)» (далее X_2). В качестве выходного параметра выбрана нечеткая лингвистическая переменная «Физический износ» (далее Y) (рис. 1).

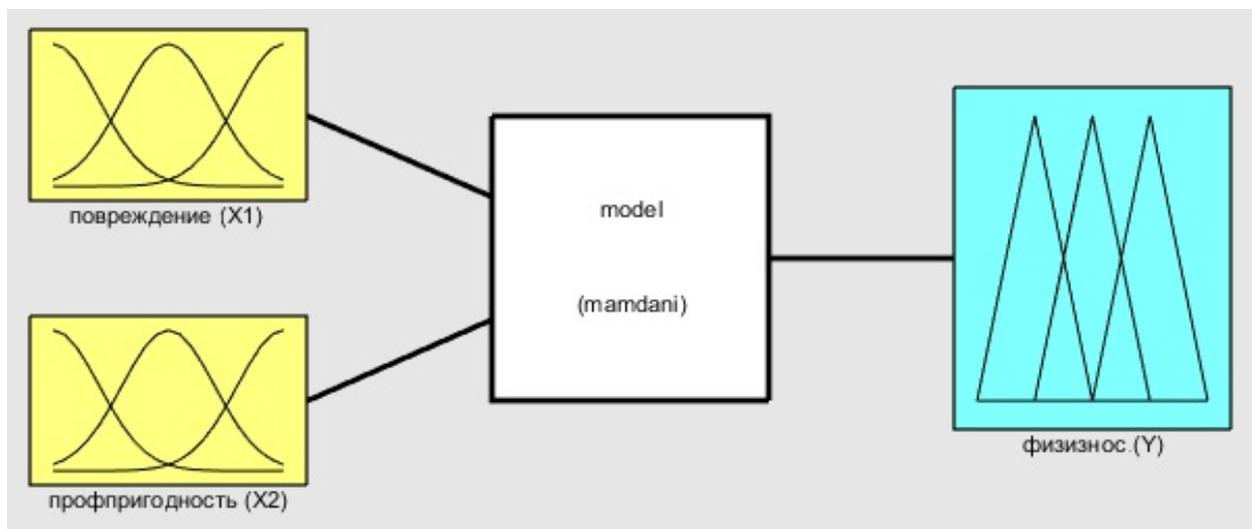


Рис. 1. Схема модели

Для входной переменной X_1 задавались три функции принадлежности, а именно: «слабое», «среднее» и «сильное». Функции принадлежно-

сти задавались гауссовским (gaussmf) типом (рис. 2). Диапазон изменения переменной – $[0,100]$.

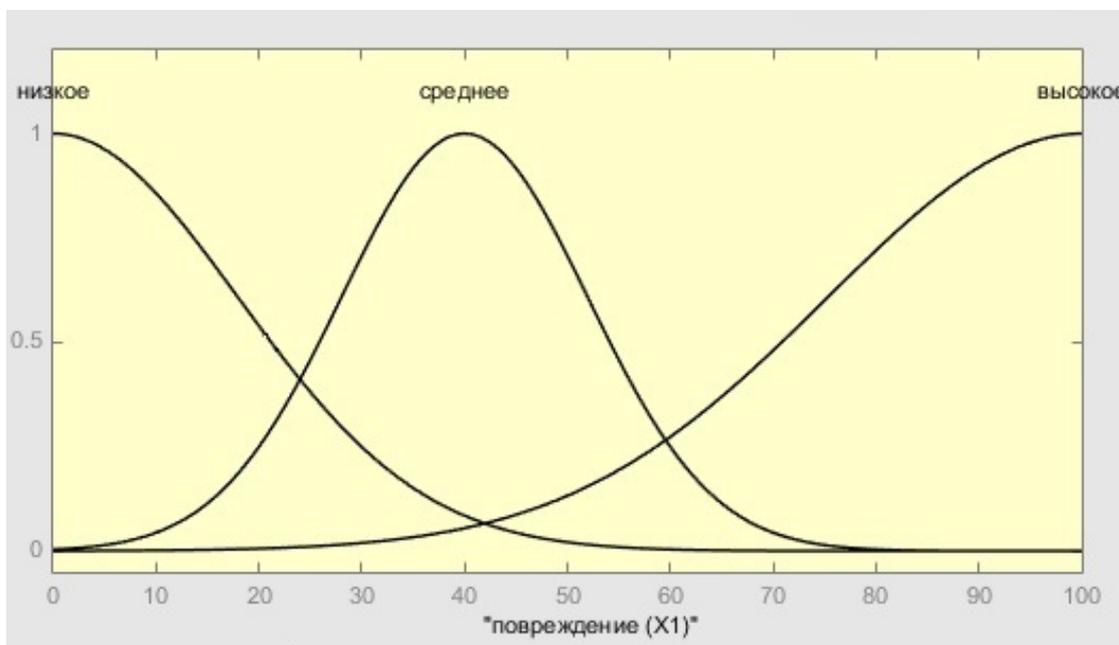


Рис. 2. Функции принадлежности входной переменной X_1

Для входной переменной X_2 задавались 2 функции принадлежности, а именно: «плохая» и «хорошая». Функции принадлежности задава-

лись трапециевидным (trapmf) типом (рис. 3). Диапазон изменения переменной – $[0,100]$.

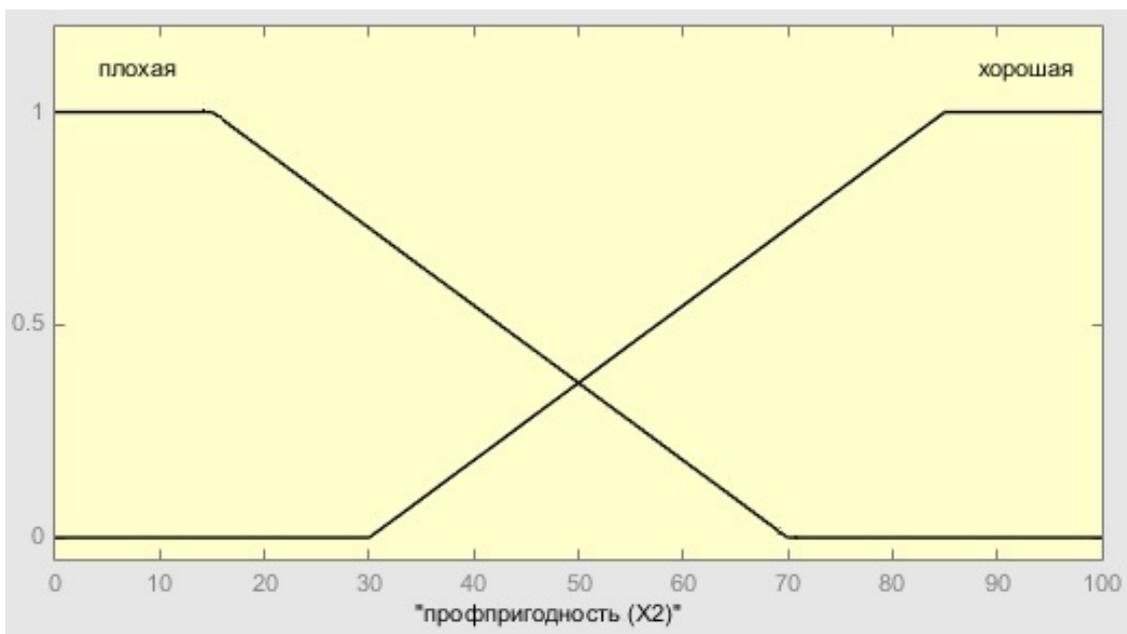


Рис. 3. Функции принадлежности входной переменной X₂

Для выходной переменной Y задавались 4 функции принадлежности, а именно: «маленький», «ниже среднего», «средний», «большой».

Функции принадлежности задавались гауссовским (gaussmf) типом (рисунок 4). Диапазон изменения переменной – [0,80].

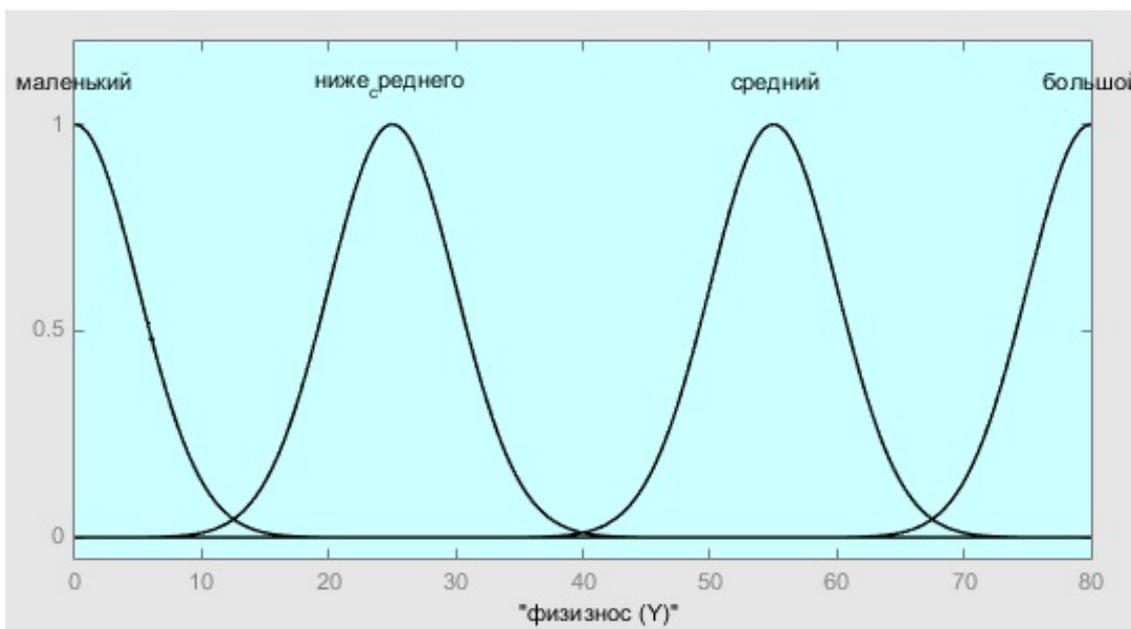


Рис. 4. Функции принадлежности выходной переменной Y

Для данной модели использовался нечеткий вывод Мамдани со следующими параметрами:

- логическая операция И (And method) – *min*;
- импликация (Implication) – *min*;
- агрегация (Aggregation) – *max*;
- дефаззификация (Defuzzification) – *centroid*.

Двумерная зависимость «входы-выход» задавалась нечеткими правилами с логическими операциями И (And) с различными показателя

меры уверенности эксперта (весовой коэффициент). Список правил с учетом весовых коэффициентов (указаны в скобках) приведен ниже:

- ЕСЛИ повреждение **низкое** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **маленький** (0.5);
- ЕСЛИ повреждение **низкое** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **ниже среднего** (0.5);

– ЕСЛИ повреждение **низкое** И профпригодность **хорошая** ТО физический износ **маленький** (1);

– ЕСЛИ повреждение **среднее** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **ниже среднего** (0.25);

– Если повреждение **среднее** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **средний** (0.5);

– ЕСЛИ повреждение **среднее** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **большой** (0.25);

– ЕСЛИ повреждение **среднее** И профпригодность **хорошая** ТО физический износ **средний** (1);

– ЕСЛИ повреждение **высокое** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **средний** (0.3);

– ЕСЛИ повреждение **высокое** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **большой** (0.7);

– ЕСЛИ повреждение **высокое** И профпригодность **хорошая** ТО физический износ **большой** (1).

Результатом математической модели является поверхность «входы-выход» «Физический износ» (Y) зависящая от переменных: «Повреждение» (X_1) и «Уровень профессионализма инженера (профпригодность)» (X_2). Поверхность изображена на рисунке 5. Результаты дискретных значений выходной переменной Y в зависимости от дискретных входных переменных X_1 и X_2 приведены в таблице 1.

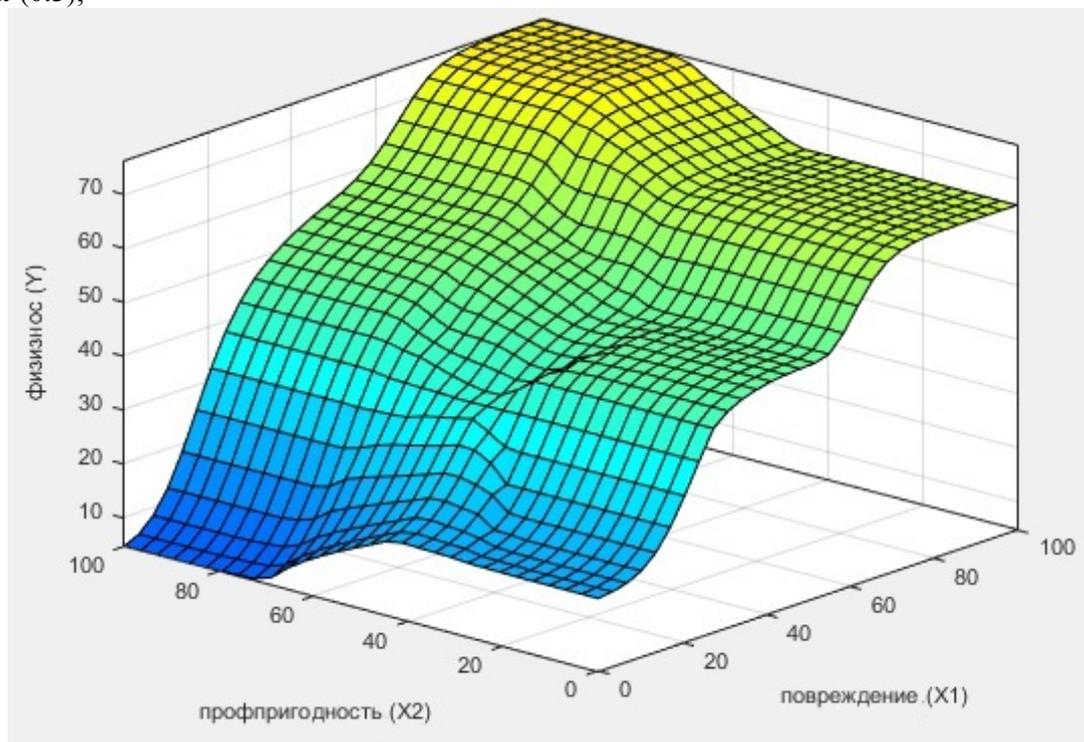


Рис. 5. Поверхность входы-выход

Из таблицы 1 видно, что физический износ (Y) завышается со снижением уровня профессионализма (X_2) в диапазоне от 0 до 20 % для уровня повреждения конструкции (X_1). Завышение составляет от 8% до 13 %, что является существенным, по мнению автора. В диапазоне с 20 до 60 % для переменной X_1 наблюдаются приблизительно равные показатели физического износа (Y) конструкции для различных значений входной переменной X_2 (разница для переменной Y составляет от 3% до 6 %). Начиная со значения 70 % для степени повреждения конструкции (X_1) происходит занижение показате-

лей физического износа (Y) в зависимости уровня профессионализма (X_2) (разница для переменной Y составляет 8-11%). Таким образом, существенным расхождением в показателе физического износа в зависимости от уровня профессионализма инженера является диапазон повреждения конструкции с 5% до 20%. В данном диапазоне неопытный инженер может завесить показатель физического износа, что в итоге скажется на стоимости ремонтно-восстановительных работ и сроках их исполнения.

Таблица 1

Зависимость физического износа от степени повреждения конструкции и уровня профессионализма инженера

Повреждение конструкции (X_1), %	Физический износ (Y), %				
	Профессиональная пригодность (X_2), %				
	0	25	50	75	100
0	18	18	16	5	5
10	21	21	22	13	12
20	31	31	34	31	31
30	44	44	40	45	45
40	47	47	46	52	52
50	48	48	50	56	56
60	54	54	56	62	62
70	63	63	64	71	71
80	65	65	66	76	76
90	65	65	66	76	76
100	65	65	66	76	76

Выводы. Разработанная математическая модель на базе теории нечеткой логики позволяет определить показатель физического износа несущих конструкций или здания при техническом обследовании. Данная модель вычисляет показатель физического износа по схеме Мамдани в зависимости от двух входных переменных (степень повреждения конструкции и уровень профессионализма инженера-обследователя) и выходной переменной (физический износ). Анализ результатов моделирования показал, что уровень профессионализма инженера-обследователя влияет на определение показателя физического износа несущих конструкций. Повреждение несущих конструкций здания в диапазоне от 5 до 20 % является наиболее уязвимым с точки зрения определения показателя физического износа несущих конструкций и здания неопытным инженером. Завышение показателя физического износа может составлять до 13 %. Данная модель может найти применение в практическом применении в строительных и эксплуатирующих здания организациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pakdamar F., Guler K. Fuzzy logic approach in the performance evaluation of reinforced concrete structures (flexible performance) [Электронный ресурс]. Системные требования:

AdobeAcrobatReader.

URL:

http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_05-03-0100.PDF (дата обращения: 11.08.2016)

2. Bowman M.D., Nordmark G.E., Yao J.T.P. Fuzzy logic approach metals fatigue // International Journal of Approximate Reasoning. April 1987. P. 197–219.

3. Минамото А. Фазитеория для цемента и бетона. Перевод с японского языка Возняк В.М. М. 1992. 17 с.

4. Яловая Ю.С. Оценивание технического состояние конструкции по результатам натуральных наблюдений с использованием теории размытых множеств // Вестник Брестского государственного технического университета. 2013. №1. С. 149–153.

5. Shtovba S., Rotshtein A., Pankevich O. Fuzzy rule based system for diagnosis of stone construction cracks of buildings // Advances in Computational intelligence and learning, methods and applications. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher. 2002. P. 401–412

6. Величкин В.З., Солдатенко Т.Н. Модель интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению состоянием строительных конструкций зданий // Инженерно-строительный журнал. 2012. №3. С.74-81.

7. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 288 с.

Tararushkin E.V.**USE OF FUZZY LOGIC FOR ASSESSMENT OF DAMAGE STRUCTURES OF BUILDINGS**

This article describes of use of the theory of fuzzy logic for mathematical modeling of assessment of damage of designs of the building in general is considered. The theory of fuzzy logic allows considering blurring of indicators of a damage of structures established in civil engineering regulating documents. In model such input parameters as the actual damage rate of a design and level of engineering skills are considered. As a result of modeling the range of a break rate of structures in which influence of level of engineering skills in case of a measure definition of damage of structures of the building is the most noticeable is established.

Key words: *fuzzy logic, structures of buildings, damage of structures, level of engineering skills.*

Тарарушкин Евгений Викторович, ассистент кафедры строительные материалы и технологии

Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II

Адрес: Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

E-mail: tarmstu@yandex.ru