

## РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕХАНИЗМОВ ТКАЦКОГО СТАНКА

В.В. СИГАЧЕВА, А.Е. СТРЕШНЕВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Методика оценки работоспособности разветвленных механизмов машин с использованием экспертной нечеткой модели оценки ситуации разработана на базе автоматизированной диагностики их технического состояния (ТС) [1], [2]. При диагностике в качестве информационного сигнала используется ускорение, амплитудно-частотный спектр которого индивидуален для каждого механизма, а амплитудный уровень ускорений на ряде диапазонов частот собственных колебаний характеризует износ кинематических пар (наличие сверхнормативных зазоров).

Диагностические показатели  $ДП_i$  [ $i=1,2...n$ ], определяемые как отношение суммы амплитудных значений диагностической полосы частот к сумме амплитудных значений спектра низкочастотной составляющей, сопоставленное с базовым показателем, используются как коэффициенты диагноза и прогноза при принятии решения по оценке ТС [3].

Например, ТС батанного механизма ткацкого станка, состоящего из двух кулачковых параллельных механизмов – приводных ветвей: левой – первой со стороны привода и правой, характеризуют по пять показателей для каждой ветви:  $ДП_1$  – общий износ узла,  $ДП_2$  – износ осей,  $ДП_3$  – износ пары кулак-ролик,  $ДП_4$  – износ подшипников,  $ДП_5$  – состояние поверхности кулака.

Традиционно по результатам диагностики состояние обследуемого объекта классифицируется либо как работоспособное, либо как неработоспособное. В работоспособном состоянии механизм может выполнять все заданные ему функции с сохранением значений заданных параметров в требуемых пределах.

Существует необходимость в более гибком анализе результатов испытаний, то есть определении степени работоспособности, степени приближения к состоянию "идеальной работоспособности". Возникает задача количественной оценки состояния диагностируемого оборудования при отсутствии точной количественной информации, то есть имеет место решение задачи в условиях неопределенности.

Неопределенность ситуации по определению работоспособности механизма связана с наблюдаемым разбросом диагностических показателей отдельных кинематических пар, характерных для каждого механизма, при одинаковой общей оценке ТС, даваемой несколькими специалистами: диагностом, ремонтником, поскольку существует допустимый диапазон изменения любого параметра объекта, который не приводит к нарушению его работоспособности. Также невозможно жестко регламентировать сроки ремонта, за исключением аварийных случаев, ввиду ограниченности возможности ремонтной службы, что вносит неопределенность в анализируемую ситуацию.

В связи с этим рационально применение теории нечеткой логики с использованием системы нечеткого вывода о работоспособности механизмов. Система нечеткого вывода предназначена для преобразования значений входных переменных в выходные на основе использования правил нечетких продукций, в которых условия и заключения записаны в форме нечетких лингвистических переменных.

В качестве входных лингвистических переменных используем диагностические показатели  $ДП_i$ , с помощью которых будем производить оценку технического состояния механизмов ткацкого станка.

Рассмотрим задачу применительно к одной ветви батанного механизма. В этом случае имеется 5 диагностических параметров ДП1,...,ДП5. Требуется по их значениям определить остаточный ресурс механизма.

Создадим нечеткую систему, которая имеет 5 входных лингвистических переменных ДП1,...,ДП5. Такие лингвистические переменные зададим на количественной шкале базисной переменной  $x \in [0;3]$ . Для каждой из них примем следующие 2 лингвистических термина: "аварийное состояние", "отличное состояние". Значения лингвистических термов зададим в виде функций принадлежности (ФП), имеющих треугольную форму, как показано на рис. 1. Данные ФП были выбраны исходя из эмпирических знаний о данной предметной области.

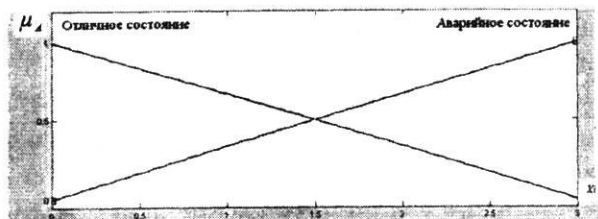


Рис. 1

В качестве выходной лингвистической переменной нечеткой системы примем рекомендуемое до ремонта механизма время  $T$ , которое зададим на количественной шкале базисной переменной  $y \in [0;7]$ . Для выходной лингвистической переменной зададим шесть лингвистических термов  $T1, \dots, T6$ .

Значения лингвистических термов примем в виде синглтонов – одноэлементных нечетких множеств, состоящих из одного элемента, функция принадлежности которого равна 1, а для всех остальных элементов универсума функция принадлежности этого множества равна 0. В нашем случае зададим следующие фиксированные значения:  $T1 = 7$  лет;  $T2 = 1$  год;  $T3 = 0,5$  года;  $T4 = 0,2$  года;  $T5 = 0,1$  года;  $T6 = 0$  лет. Заметим, что максимальные значения  $T$  соответствуют минимальным значениям ДП.

Приведем несколько конкретных нечетких правил определения времени  $T$  исходя из значений входных лингвистических переменных ДП1,...,ДП5:

– если все диагностические показатели соответствуют "отличному состоянию", то время до ремонта равно  $T1$ ;

– если один из пяти диагностических показателей ДП1,...,ДП5 обозначает "аварийное состояние", но это не ДП1, то –  $T2$ ;

– если ДП1 – "аварийное состояние" и два из ДП2,...,ДП5 – "аварийное состояние", либо ДП1 – "отличное состояние", а три из ДП1,...,ДП5 – "аварийное состояние", то –  $T3$ .

Подобным образом с учетом каждого диагностического показателя и его значимости определяется вся база знаний. Полный набор правил (база знаний), который удовлетворяет условию покрытия всей предметной области, состоит из 32 правил.

Существует несколько алгоритмов получения логических выводов из нечетких словесных правил [4]. При описанном выше способе задания выходных переменных применим алгоритм Сугено. По этому алгоритму четкое результирующее выходное значение нечеткой модели  $y^*$ , соответствующее фиксированным значениям  $x_i^*$  входных переменных  $x_i$ , вычисляется как средневзвешенная величина:

$$y^* = \frac{\sum_{j=1}^n y_j \mu_{A_j^*}}{\sum_{j=1}^n \mu_{A_j^*}}, \quad (1)$$

где  $\mu_{A_j^*}$  – значение ФП всей посылки  $j$ -го правила, соответствующее значениям  $x_i^*$ .

Объединение составных частей посылок осуществляется с помощью процедур минимизации и максимизации соответствующих ФП.  $y_j$  – заключение  $j$ -го правила.

Задав алгоритм вывода, определив входные и выходные лингвистические переменные, а также нечеткие правила логического вывода, мы получили нечеткую модель прогнозирования технического состояния механизмов ткацкого станка. Была составлена программа для ЭВМ: "Пакет классов Java для создания нечеткой систе-

мы типа Сугено оценки работоспособности механизмов ткацкого станка".

Данная модель была опробована при обследовании 25 батанных механизмов

ткацких станков. Частичные результаты прогнозирования приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

ДП1	ДП2	ДП3	ДП4	ДП5	Рекомендуемое до ремонта время (в годах)	Номер станка, ветви
0,99	0,8	1	2,5	1,1	0,694	15, левая
1,09	0,9	1,6	1,9	1,7	0,611	15, правая
0,39	0,6	0,4	0,36	0,24	3,81	16, левая
0,54	0,8	0,7	0,9	0,5	2,38	16, правая
0,8	0,69	0,86	1,56	1,35	1,23	18, левая
0,87	0,56	1,02	1,16	2,47	0,77	18, правая
0,44	0,53	0,96	0,42	0,24	3,11	20, левая
0,34	0,6	0,49	0,56	0,18	3,6	20, правая
1,63	0,95	1,6	2,05	0,66	0,609	14, левая
0,94	0,97	1,56	1,65	0,71	0,994	14, правая
0,73	0,6	0,94	0,89	0,49	2,2	12, левая
0,79	0,75	1,29	1,2	0,43	1,63	12, правая
1,05	1,08	2,67	0,68	0,13	0,757	62, левая
0,86	1,06	2,4	1,5	0,48	0,733	62, правая

Полученные оценки были сопоставлены с теми, которые предлагались опытным экспертом. Результаты сопоставления оказались приемлемыми, что дает основание к использованию данной нечеткой модели для установления сроков ремонта механизмов станка.

Из данных табл. 1 видно, что износ кинематических пар и ветвей одного батанного механизма может существенно отличаться. Это приводит к перераспределению нагрузок и ускоренному износу механизмов. С учетом всех факторов станки рекомендуются подвергать ежегодному диагностическому осмотру.

## ВЫВОДЫ

1. Нечеткая модель прогноза работоспособности механизмов позволяет установить сроки ремонта, адекватные реальному техническому состоянию. Использование нечетких множеств в экспертной информационной системе диагноза и про-

гноза позволяет повысить ее эксплуатационную надежность.

2. Из результатов диагноза и прогноза вытекает, что износ кинематических пар механизмов неодинаков: больше подвержены износу кинематические пары левой приводной ветви батанного механизма, расположенной ближе к приводу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сигачева В.В. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №2. С.93...97.
2. Сигачева В.В. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №3. С.97...100.
3. Сигачева В.В. и др. Технические средства и методы виброакустической диагностики оборудования текстильной и легкой промышленности.-М: Легпромбытиздат, 1993.
4. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH. – С-Петербург: Изд-во "Питер", 2004.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 01.04.05.