

## СИНТЕЗ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ НАПОРНЫХ УСТРОЙСТВ ГИДРОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Глухова Н.В., аспирант

*(Национальная горная академия Украины, г. Днепропетровск)*

В условиях Вольногорского государственного горно-металлургического комбината планируется внедрение компьютеризированной системы управления гидротранспортом. Поэтому возникла необходимость создания математических моделей звеньев гидротранспортной системы. В качестве напорных устройств гидравлического транспортирования используются центробежные насосы. Персоналом ВГГМК накоплен значительный опыт при эксплуатации центробежных насосов, что дало возможность создания нечеткой модели насосов на основе экспертных знаний.

Входными параметрами модели служат плотность  $\rho$  и расход  $Q$  гидросмеси, выходной параметр – напор  $H$  на нагнетании. Для фаззификации входных параметров модели использовалась функция принадлежности треугольной формы.

Для нечеткого описания функционирования насоса было выбрано семь лингвистических переменных [1]: «очень малое» (ОМ), «малое» (М), «ниже среднего» (НС), «среднее» (С), «выше среднего» (ВС), «большое» (Б), «очень большое» (ОБ). На основе выделенных лингвистических переменных составляется матрица нечетких отношений (база знаний), которая отображает вербальное описание экспертом рассматриваемого объекта. В программном виде база знаний представляется в математической форме набором логических правил с использованием операций булевой алгебры. Дефаззификация (нахождение числового значения выходного параметра  $H^*$ ) осуществляется методом весового осреднения согласно зависимости:

$$H^* = \frac{\sum_{i=1}^n h_i^* \mu_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i},$$

где  $n$  – количество используемых лингвистических переменных;  $h_i^*$  – значения лингвистических переменных;  $\mu_i$  – соответствующие функции принадлежности.

Полученная нечеткая модель тестировалась на адекватность при помощи ЭВМ. Проверка осуществлялась путем ее сравнения с эталонной четкой моделью для центробежного насоса. Нечеткая модель отвечает предъявленным к ней требованиям, максимальное отклонение выходного параметра от эталонного значения в рабочем диапазоне составляет 3%.

В условиях ВГГМК разрабатывается схема совместного функционирования центробежного и струйного насосов. Это позволит перевести центробежный насос с гидросмеси на чистую воду, что решает проблему гидроабразивного износа [2]. Поскольку струйные насосы еще не эксплуатировались в ВГГМК, и получение экспертных баз знаний по струйным насосам невозможно, то математическое описание строилось по полуэмпирической методике расчета [3], которая применялась при их проектировании. Для учета неточностей математического описания работы струйного насоса, вызванных присутствием в модели эмпирических коэффициентов, использовался математический аппарат теории нечетких чисел [4]. При этом основная характеристика струйного насоса может быть представлена в виде [5]:

$$\Delta p_c \tilde{\int} \Delta p_p = -\tilde{a}_1 \tilde{u}_T^2 - \tilde{a}_2 \tilde{u}_T + \tilde{a}_3,$$

где  $u_T$  – коэффициент инжекции;  $\Delta p_c$  – требуемое избыточное давление;  $\Delta p_p$  – располагаемое избыточное давление рабочей воды;  $a_i$  ( $i=\overline{1,3}$ ) – положительные коэффициенты, значения которых нелинейным образом зависят от конструктивных параметров струйного аппарата и от свойств инжектируемого материала. Знак  $\sim$  над символом параметров модели означает, что точное числовое значение заменено нечеткой переменной. Операции над нечеткими числами осуществлялись с использованием принципа обобщения [4]:

$$\tilde{a}_i = \int_{a_i^{\min}}^{a_i} (x - a_i^{\min})/x + \int_{a_i}^{a_i^{\max}} (a_i^{\max} - x)/x, \quad (i = \overline{1,3});$$

$$\tilde{u}_T = \int_{u_T^{\min}}^{u_T} (x - u_T^{\min}) / x + \int_{u_T}^{u_T^{\max}} (u_t^{\max} - x) / x;$$

$$\tilde{u}_T^2 = \int_{(u_T^{\min})^2}^{u_T^2} \frac{\sqrt{x} - u_T^{\min}}{u_T - u_T^{\min}} / x + \int_{u_T}^{(u_T^{\max})^2} \frac{u_T^{\max} - \sqrt{x}}{u_T^{\max} - u_T} / x, \text{ где } x \in R.$$

Синтезированные нечеткие модели напорных устройств используются в проектных разработках интеллектуальной системы поддержки принимаемых решений при управлении гидротранспортной системой ВГГМК. Нечеткие модели применяются совместно с нейросетевой моделью трубопроводной магистрали. Общая структура этой системы показана на рис. 1.



Рисунок 1- Структура системы в помощь принятию управляющих решений

#### Перечень ссылок

1. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. /К.Асаи, Д.Ватада, С.Иваи и др.; под ред. Т.Тэрано, К.Асаи, М.Сугэно – М.: Мир, 1993. – 368 с.
2. Глухова Н.В. Альтернативы энергосбережения для гидротранспортных систем // Науковий вісник Національної гірничої академії України. – 2001. – №1. – С.37-41.
3. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 350 с.
4. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. - Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
5. Глухова Н.В., Горобец В.И., Корсун В.И. Нечеткая модель струйного аппарата, используемого в гидротранспортных системах// Науковий вісник Національної гірничої академії України. – 2000. – №5. – С.48–50.