

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.6.05

DOI: 10.35211/1990-5297-2023-8-279-48-51

Ю. А. Бакалина, Е. Г. Крылов, А. В. Капитанов

ВИБРОДИАГНОСТИКА ПОДШИПНИКОВ МАГИСТРАЛЬНОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

В статье предложена методика вибродиагностики подшипников магистрального насосного агрегата на основе нечеткой логики с целью повышения надежности и безопасности работы оборудования.

Ключевые слова: диагностика, магистральный насосный агрегат, нечеткая логика, виброскорость, контроллер.

Yu. A. Bakalina, E. G. Krylov, A. V. Kapitanov

VIBRATION DIAGNOSTICS OF BEARINGS OF THE MAIN PUMPING UNIT BASED ON FUZZY LOGIC

Volgograd State Technical University

The article proposes a technique for vibrodiagnostics of bearings of the main pumping unit based on fuzzy logic in order to increase the reliability and safety of the unit.

Keywords: diagnostics, main pump unit, fuzzy logic, vibration velocity, controller.

Магистральный насосный агрегат – основное рабочее оборудование нефтеперекачивающей станции, осуществляющее процесс транспортирования нефти. Агрегат подвержен различным возмущающим воздействиям, которые способны снизить его работоспособность, поставить под угрозу дальнейшую эксплуатацию как самого агрегата, так и станции в целом. Наиболее негативным воздействием является вибрация.

Анализ работы существующих систем вибродиагностики показал, что в качестве ограничения, при котором агрегат прекращает свою

работу, принимается только верхний (допустимый) порог вибрации. Диагностика состояния оборудования, как правило, осуществляется оператором исходя из выводимых на АРМ трендов, или специалистом по месту установки агрегата, что не всегда удобно и целесообразно.

Для повышения достоверности оценки состояния магистрального насосного агрегата и предупреждения незапланированного останова оборудования предлагается ввести шкалу градации пределов вибрации. Указанные в табл. 1 значения соответствуют техническим характеристикам и рекомендациям от производителя.

Таблица 1

Классификация вибрации

Параметр	Высота по оси (габарит)	Значение, мм		
		<225	225–550	>550
Частота вращения, об/мин	1	до 1800	до 1000	до 1000
	2	1800–4500	1000–1800	600–1500
	3	4500–12000	1800–4500	1500–3600
	4	4500–12000	1800–4500	1500–3600

Необходимо учитывать, что для агрегата опасно не только верхнее допустимое значение, но также значение из среднего допустимого предела виброскорости. Вибрация из среднего диапазона может информировать о прогрессирующей стадии износа подшипников, рабочего колеса, вала, торцевого уплотнения. Эксплуатация этих деталей, подвергшихся влиянию вибрации, приводит к перекосу вала, вследствие чего наблюдается:

- рост потребляемой мощности;
- снижение КПД насоса;
- чрезмерный перегрев сопряжений и подшипников;
- перекося и задевание за корпус уплотнения.

Предлагаемый подход определения допустимого значения виброскорости основывается на правилах нечеткой логики, благодаря которым система диагностирования может определить, когда значение вибрации приблизится к ранее установленным значениям, находящимся в зоне риска.

Определим входные и выходные параметры системы.

Входные:

- виброскорость допустимая;
- габариты агрегата;
- скорость вращения вала;

Выходные:

- тренды;

- текстовое сообщение на АРМ оператора;
- звуковой сигнал;
- световой сигнал;
- уведомление в диспетчерский пункт;
- коммутация пусковой аппаратуры.

По результатам производственных исследований специалистами ПАО «Транснефть» были выделены значения виброскорости в зависимости от габаритов насосного агрегата и скорости вращения ротора. Разделим значения вибрации на уровни, которые будут варьироваться от A до D , где уровень A – нормальный уровень, B – допустимый уровень, C – уровень повышенного внимания, D – недопустимый (аварийный) уровень виброскорости. Система должна определять состояние агрегата, исходя из текущих значений вибраций, регистрируемых датчиками (табл. 2).

Для того чтобы система распознавала различные уровни значений воспользуемся правилами нечеткой логики. Вибрация в терминах нечеткой логики – это лингвистическая переменная, поскольку она принимает в качестве значений не числа, а слова. Функция $M(x)$ является функцией принадлежности, которая показывает степень принадлежности параметра к одному из нечетких значений [Основы нечеткой логики : учеб.-метод. пособие к практическим занятиям и лабораторным работам / Д. Р. Григорьева, Г. А. Гареева, Р. Р. Басыров. – Набережные Челны : Изд-во НЧИ КФУ, 2018. – 42 с.].

Таблица 2

Пределы вибрации

Виброскорость, мм/с	Классификация/уровни			
	1	2	3	4
0,28	A	A	A	A
0,45				
0,71				
1,12	B	B	B	B
1,8				
2,8	C	C	B	B
4,5	D			
7,1				
11,2				
18				
28			D	D

Как можно увидеть на рис. 1, например, виброскорость 1,38 м/с со степенью принадлежности 0,38 относится к уровню «Внима-

ние» и со степенью принадлежности 0,85 к значению «Допустимо». Следовательно, чем больше степень принадлежности, тем больше

вероятность, что переменной будет присвоено соответствующее нечеткое значение. Аналогично по приведенному выше вычислению

можно определить функции принадлежности для других входных и выходных параметров агрегатов.

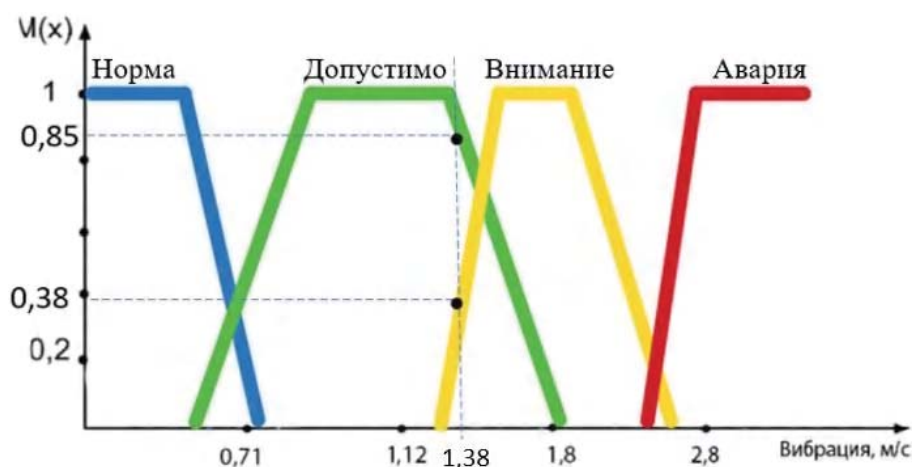


Рис. 1. Фазификация

Принятие решения происходит следующим образом: как только система управления фазифицирует все входные параметры по заданным функциям принадлежности, блок принятия решения найдет соответствующие значения выходных параметров по нечетким правилам.

Управление системой на основе нечеткой логики осуществляет микропроцессорное устройство, которому необходимо задать только функции принадлежности всех лингвистических переменных и нечеткие правила. Структура контроллера нечеткой логики изображена на рис. 2.

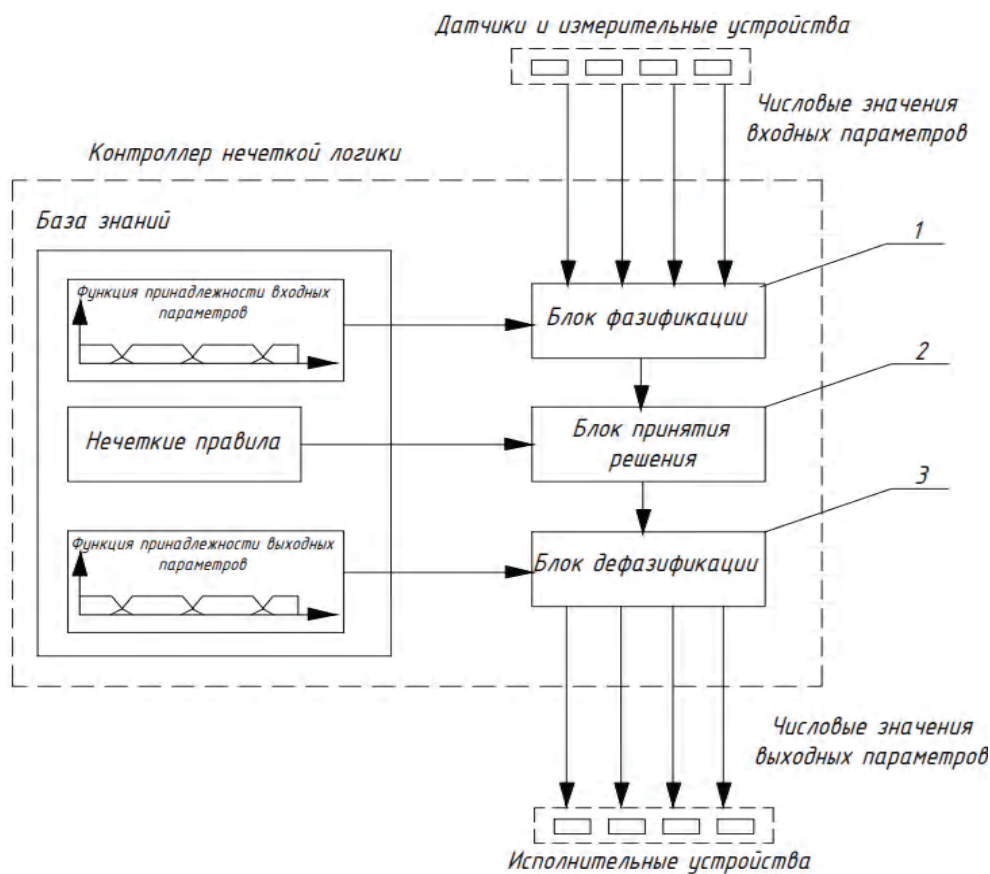


Рис. 2. Структура системы диагностирования

В контроллер входят три блока:

1 – блок фазификации, в котором числовые значения преобразуются в нечеткие;

2 – блок принятия решений, в котором система находит значения выходных параметров, используя нечеткие правила;

3 – блок дефазификации, в котором из нечетких параметров формируются числа.

Подобный подход к диагностике вибрации позволит получать наиболее полную информацию о состоянии насосного агрегата, а также выполнять алгоритм действий, присущий опре-

деленному диапазону значений виброскорости. При нормальных и допустимых значениях на АРМ оператора выводятся тренды виброскорости с указанием на экране цветовых схем для распознавания диапазона.

Применение предлагаемой методики диагностирования позволит снизить вероятность возникновения отказов оборудования нефтеперекачивающей станции, сократить время простоев агрегатов и повысить безопасность ее обслуживания техническим персоналом.