

НОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ СПЕКТРАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ ВИБРАЦИИ МАШИН ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Бойченко С.Н.

Научно-производственный центр «ДИНАМИКА», г. Омск

В работе приведен статистический анализ распределений признаков спектральной матрицы вибрации машин периодического действия на примере центробежного насосного агрегата. Результаты работы использованы при построении автоматической экспертной системы (ЭС) диагностики и принятия решений по техническому состоянию.

Представление виброакустического сигнала в виде спектральной матрицы (СМ) периодических и случайных компонент используется для обеспечения свойства инвариантности ЭС принятия решения по техническому состоянию механического оборудования [1, 2].

Целью настоящей работы является исследование статистических свойств признаков СМ машины периодического действия на примере центробежного насосного агрегата и определение их пороговых значений для построения ЭС, работающей на их основе.

Исходными данными для исследования являлись временные реализации сигналов виброускорения, зафиксированные системой КОМПАКС за период 1993 – 2004 г.г. При формировании исходного массива сигналов временные реализации были подвергнуты процедуре исключения промахов, при которой из рассмотрения исключались сигналы неработающих агрегатов и сигналы с аппаратными ошибками (ограничение по амплитуде, отсутствие самоконтроля). Число исходных реализаций после исключения промахов – 15615.

Исходные временные реализации были разделены на 3 группы по мощности насосов: 1 группа – мощность до 50 кВт, 2 группа – мощность 50 - 200 кВт, 3 группа – мощность более 200 кВт. Также все исходные временные реализации были разделены на две группы по техническому состоянию агрегата: «ДОПУСТИМО» и «НЕДОПУСТИМО» согласно [3].

Для каждой группы сигналов был получен следующий набор признаков СМ:

- | | |
|----------|---|
| 1 - ALe | СКЗ виброускорения лопаточных гармоник; |
| 2 - AHe | СКЗ виброускорения шумовой компоненты; |
| 3 - VR1 | СКЗ виброскорости 1 оборотной гармоники; |
| 4 - VR23 | СКЗ виброскорости 2 и 3 оборотных гармоник; |
| 5 - We | СКЗ огибающей виброускорения; |
| 6 - WR23 | СКЗ 2 и 3 оборотной гармоники огибающей виброускорения; |
| 7 - WHe | СКЗ шумовой компоненты огибающей виброускорения. |

Сигнал огибающей виброускорения получен с использованием преобразования Гильберта исходного сигнала.

На рисунке 1 представлены статистические и теоретические функции распределения одного из признаков СМ (VR23) для различных групп мощности и различных состояний агрегата. Для состояния «ДОПУСТИМО» приведены обратные функции распределения.

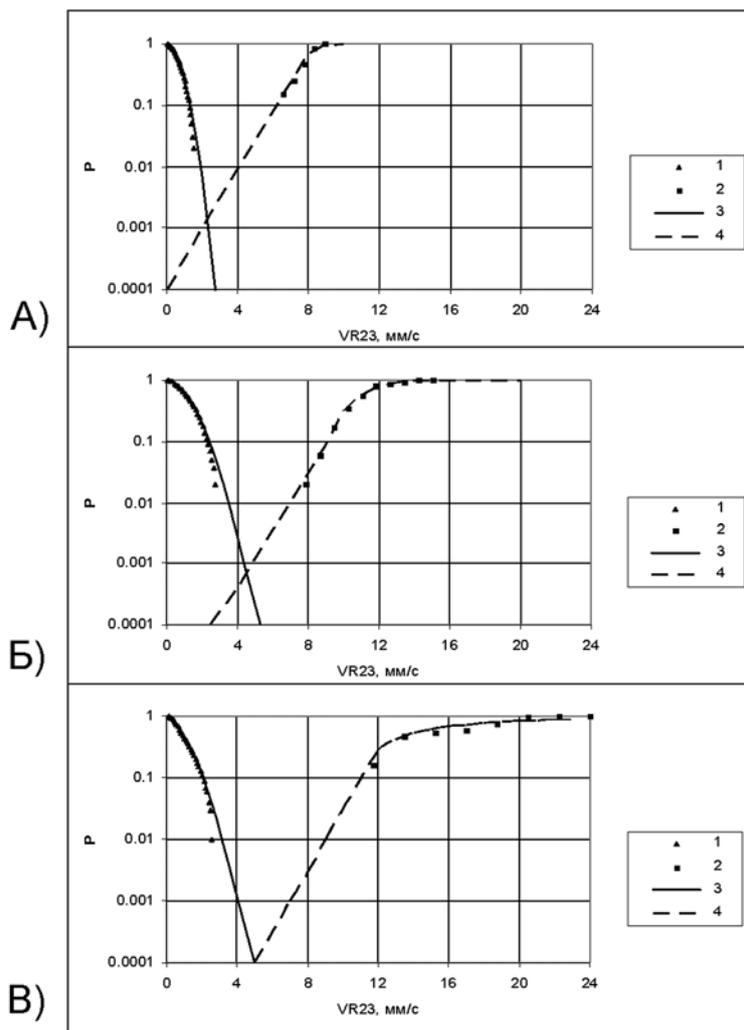


Рисунок 1. Статистические и теоретические функции распределения признака VR23 для различных групп мощности и состояния насосного агрегата.

- А) – насосы 1 группы, Б) – насосы 2 группы, С) – насосы 3 группы
- 1 – статистические распределения для состояния УДОВЛ.
- 2 - статистические распределения для состояния НДП
- 3 – теоретические распределения для состояния УДОВЛ.
- 4 - теоретические распределения для состояния НДП

Теоретические функции распределения построены с использованием аппроксимации функциями Вейбулла-Гнеденко:

$$P(x) = 1 - e^{-\left[\frac{x-x_0}{t}\right]^\alpha} \quad (1)$$

Из приведенных данных видно, что распределения значений признака для различных состояний агрегата практически не пересекаются (ошибка распознавания составляет 0.1 - 0.01%). При увеличении группы мощности насоса распределение признака для состояния «НЕДОПУСТИМО» сдвигается в сторону увеличения значений признака, а распределение признака в состоянии «ДОПУСТИМО» не изменяется.

Для проверки согласия статистических и теоретических распределений использовался критерий Колмогорова-Смирнова [4]. Для каждого признака СМ определялось значение критерия и соответствующее критическое значение. Гипотеза о согласии статистических и теоретических распределений принимается, если значение критерия меньше критического. Значения параметров распределений, а также результаты проверки по критерию согласия приведены в таблице 1.

Для определения пороговых значений признаков, соответствующих границам зон «ДОПУСТИМО»-«ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» (ТПМ) и «ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» - «НЕДОПУСТИМО» (НДП) определялись значения теоретических функций распределения на уровне вероятности 0.1.

Определенные таким образом пороговые значения, приведенные к ряду предпочтительных чисел согласно ГОСТ 8032-84 приведены в таблице 2.

Таблица 1. Параметры статистических распределений признака VR23 СМ и значения критерия согласия

Признак	Группа	ТПМ				НДП			
		Параметры Вейбулла		Со- гласие по Колм.		Параметры Вейбулла		Со- гласие по Колм.	
		0		С	К рит зн.	0		С	К рит зн.
R23				.030	0			.115	0
		.9	.86	.033		.8	.9	.491	
				.020	0			.048	0
		.9	.56	.031		.8	.3	.41	.246
				.040	0			.149	0
		.59	.21	.042	1	.8	.3		.326

Таблица 2. Результирующие пороговые значения признака VR23 CM, приведенные к ряду предпочтительных чисел

Пр изнак	1 группа до 50 кВт		2 группа 50 – 200 кВт		3 группа > 200 кВт	
	Т ПМ	Н ДП	Т ПМ	Н ДП	Т ПМ	Н ДП
V R23	4, 75	6, 7	7, 1	9, 5	8, 5	11 ,8

На основе норм признаков CM разработана экспертная система, которая определяет следующие дефекты насосного агрегата:

- ослабление крепления машины и двигателя к фундаменту;
- нарушение центровки и балансировки вращающихся деталей;
- недопустимые колебания фундамента и трубопроводов;
- кавитация и гидроудар («помпаж») в насосе и компрессоре;
- дефекты подшипников;
- износ соединительной муфты;
- пропуск торцового уплотнения насоса;
- недопустимые температуры узлов машин;
- недопустимые пульсации, частотный состав и амплитуды токов приводных электродвигателей.

Разработанная ЭС включается в состав программного обеспечения стационарной системы непрерывного мониторинга и диагностики КОМПАКС[®], стендовых систем и переносного прибора СОМРАС-МІСRO[™]. Таким образом, ЭС интегрируется в систему, обеспечивающую измерение, запоминание измерений, обработку измерений ЭС и выдачу указаний автоматически – без участия персонала и связанных с этим субъективных ошибок и затрат времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. – М.: Машиностроение, 2002. – 204 с.
2. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР - КОМПАКС[®]) /Под ред. Костюкова В.Н.. - М.: Машиностроение, 1999. – 163 с.
3. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Тарасов Е.В.. Руководящий документ "Центробежные электроприводные насосные и компрессорные агрегаты, оснащенные системами компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля технического состояния КОМПАКС. Эксплуатационные нормы вибрации". Утвержден Минтопэнерго и Госгортехнадзором России, 22 сентября 1994 г. -7с.
4. Закс Л. Статистическое оценивание. - М.: Статистика, 1976. – 598 с.