

ФОРМИРОВАНИЕ ВЕКТОРА НЕЗАВИСИМЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Костюков А.В.

Научно-производственный центр «ДИНАМИКА», г. Омск

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на обоснование выбора совокупности диагностических сигналов и признаков для оценки и прогнозирования технического состояния роторных машин и агрегатов

В практике вибродиагностики и виброконтроля сигналы виброускорения и виброперемещения иногда не используют, считая их тесно связанными с сигналом виброскорости. В результате многократного наблюдения трендов параметров вибрации, накапливаемых системами диагностики и мониторинга (СДМ) на ряде производств страны, неоднократно отмечались случаи, когда на развитие различных дефектов роторных агрегатов реагировали только параметры виброускорения и/или виброперемещения. Эти случаи указывают на значительное сужение диапазона диагностируемых неисправностей при использовании только параметров сигнала виброскорости. Таким образом, возникает задача о степени независимости сигналов виброускорения, виброскорости и виброперемещения.

Исследования зависимости сигналов виброускорения, виброскорости, виброперемещения осуществлялись путем их аналитического и численного моделирования для различных классов неисправностей роторных агрегатов с последующим нахождением меры неопределенности Линдера (квадрата коэффициента корреляции) [0]. Значение меры неопределенности Линдера позволяет количественно определить содержание одинаковой информации в разных сигналах.

Дисбаланс ротора является наиболее распространенным дефектом роторных машин, приводящим к повышенной вибрации корпуса на частоте вращения ротора [0]. В данном случае, виброакустический сигнал имеет синусоидальный вид. Модель сигнала синусоидального вида представим в виде смеси периодической и шумовой составляющих:

$$S(t) = P(t) + H(t), \quad (1)$$

где $S(t)$ – виброакустический сигнал, $P(t)$ – периодическая составляющая, $H(t)$ – шумовая составляющая (гауссовский случайный процесс с ограниченным спектром мощности низкочастотного вида). Сигнал виброускорения представим как результат операции дифференцирования сигнала виброскорости. Аналогично представим сигналы виброскорости и виброперемещения.

Аналитическим путем получено выражение меры неопределенности Линдера для модели сигнала (1) и его производной:

$$L_{VA} = \frac{\left[-\frac{A_P^2 \cdot \omega_P}{2} \cdot \sin(\omega_P \cdot \tau) + \sigma_H^2 \cdot \left(\frac{\cos(\omega_H \cdot \tau)}{\tau} - \frac{\sin(\omega_H \cdot \tau)}{\omega_H \cdot \tau^2} \right) \right]^2}{\left(\frac{A_P^2}{2} + \sigma_H^2 \right) \cdot \left(\frac{A_P^2 \cdot \omega_P^2}{2} + \frac{\sigma_H^2 \cdot \omega_H^2}{3} \right)} \quad (2)$$

где A_P – амплитуда периодической составляющей; ω_P – круговая частота периодической составляющей; $\omega_H = 2\pi f_H$ – верхняя граничная круговая частота шумовой составляющей; σ_H^2 – дисперсия шумовой составляющей.

Введем параметр W_P [0], определенный как отношение мощностей периодической компоненты сигнала P к шумовой H , который для вибросигнала синусоидального вида описывается выражением:

$$W_P = \frac{P}{H}, \quad W_P = \frac{A_P^2}{2 \cdot \sigma_H^2}. \quad (3)$$

На рис. 1 показаны зависимости меры Линдера L_{VA} от параметра W_P , построенные по выражениям (2) и (3).

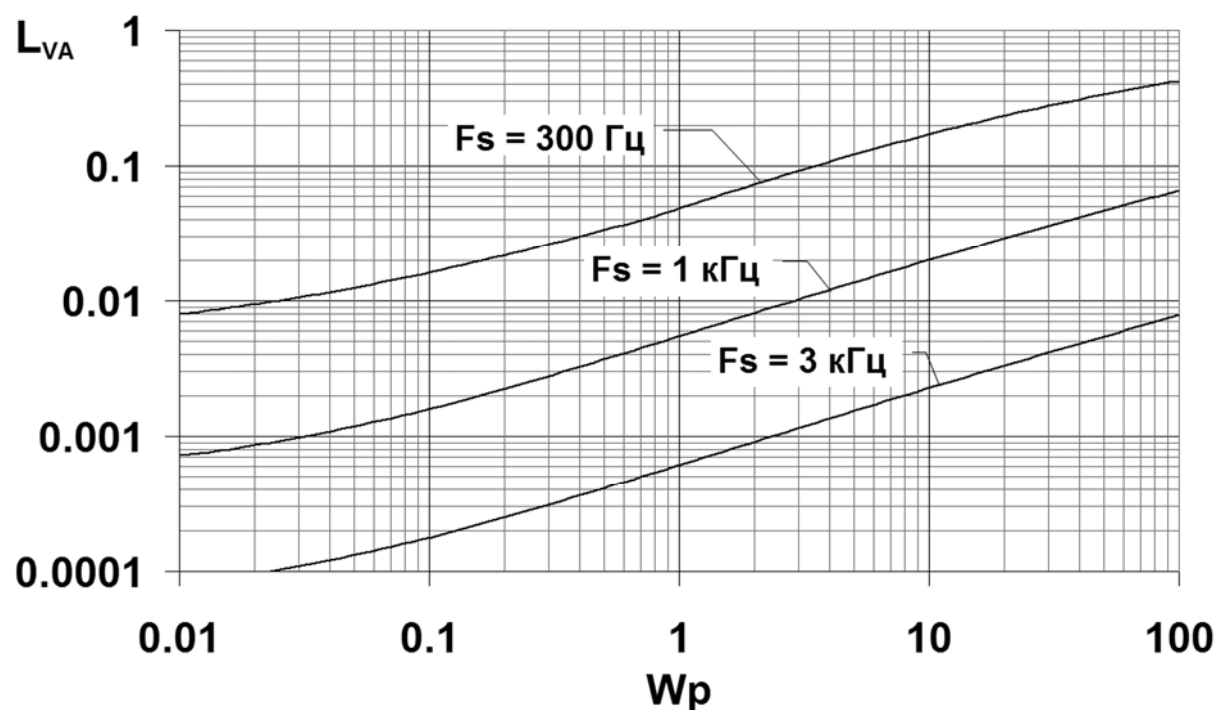


Рис. 1. Зависимость меры Линдера вибросигнала синусоидального вида и его производной от параметра W_P .

Приведенные зависимости показывают, что значение меры Линдера возрастает с ростом параметра W_p и при снижении верхней граничной частоты шумовой составляющей f_H . При $W_p = 1$ мера Линдера не превышает 0,05, что подтверждает практическое отсутствие взаимозависимости сигнала синусоидального вида и его производной.

Дефекты подшипников качения, задевания ротора, опор и др. приводят к возникновению ударных импульсов [0]. Аналитическое выражение меры Линдера для сигнала импульсного вида и его производной осложняется нелинейностью импульсной составляющей. Воспользуемся численным моделированием для получения зависимостей меры неопределенности Линдера от параметра W_p [0] (см. рис. 2).

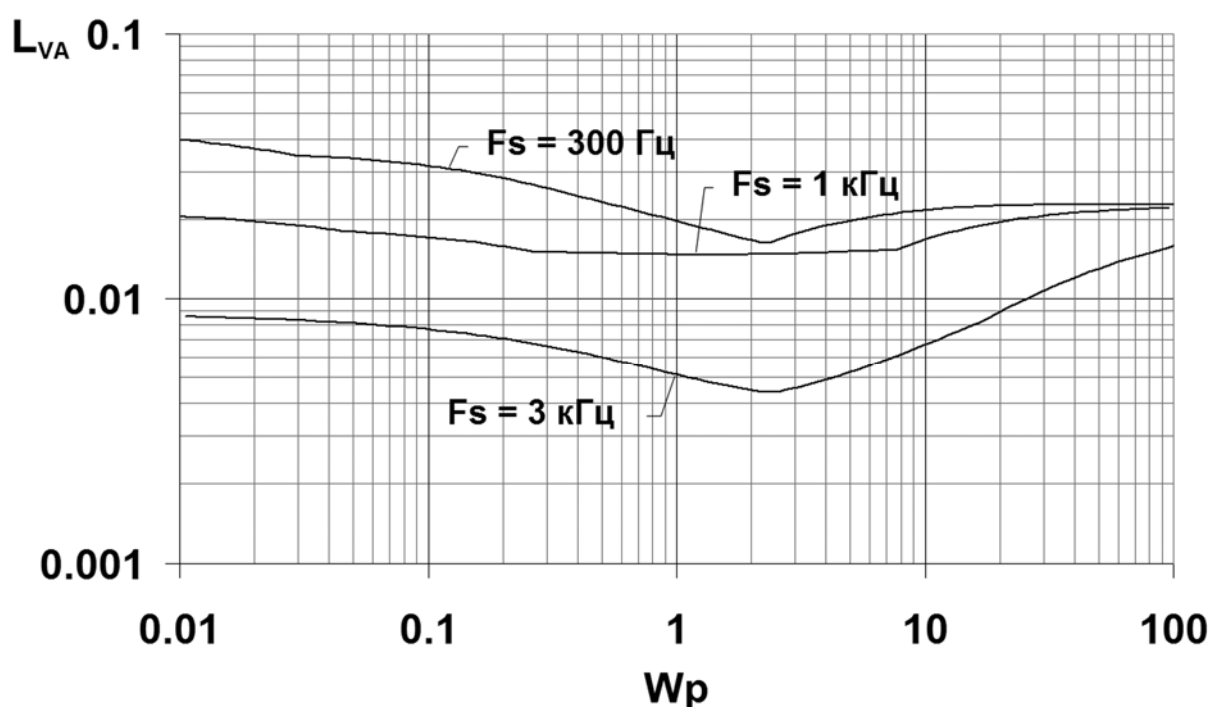


Рис. 2. Зависимости меры Линдера вибросигнала импульсного вида и его производной от параметра W_p .

Значение меры Линдера в данном случае меньше 0,04 и практически не зависит от параметра W_p , что указывает на отсутствие взаимозависимости сигнала импульсного вида и его производной.

На рис. 3 показаны совместные распределения параметров вибрации роторных агрегатов и их скоростей изменения по выборке 11751 значений, полученные с помощью СДМ [0]. Значения меры неопределенности Линдера не превышают 0,006, что указывает на практическое отсутствие взаимозависимости параметров вибрации и скоростей их изменения.

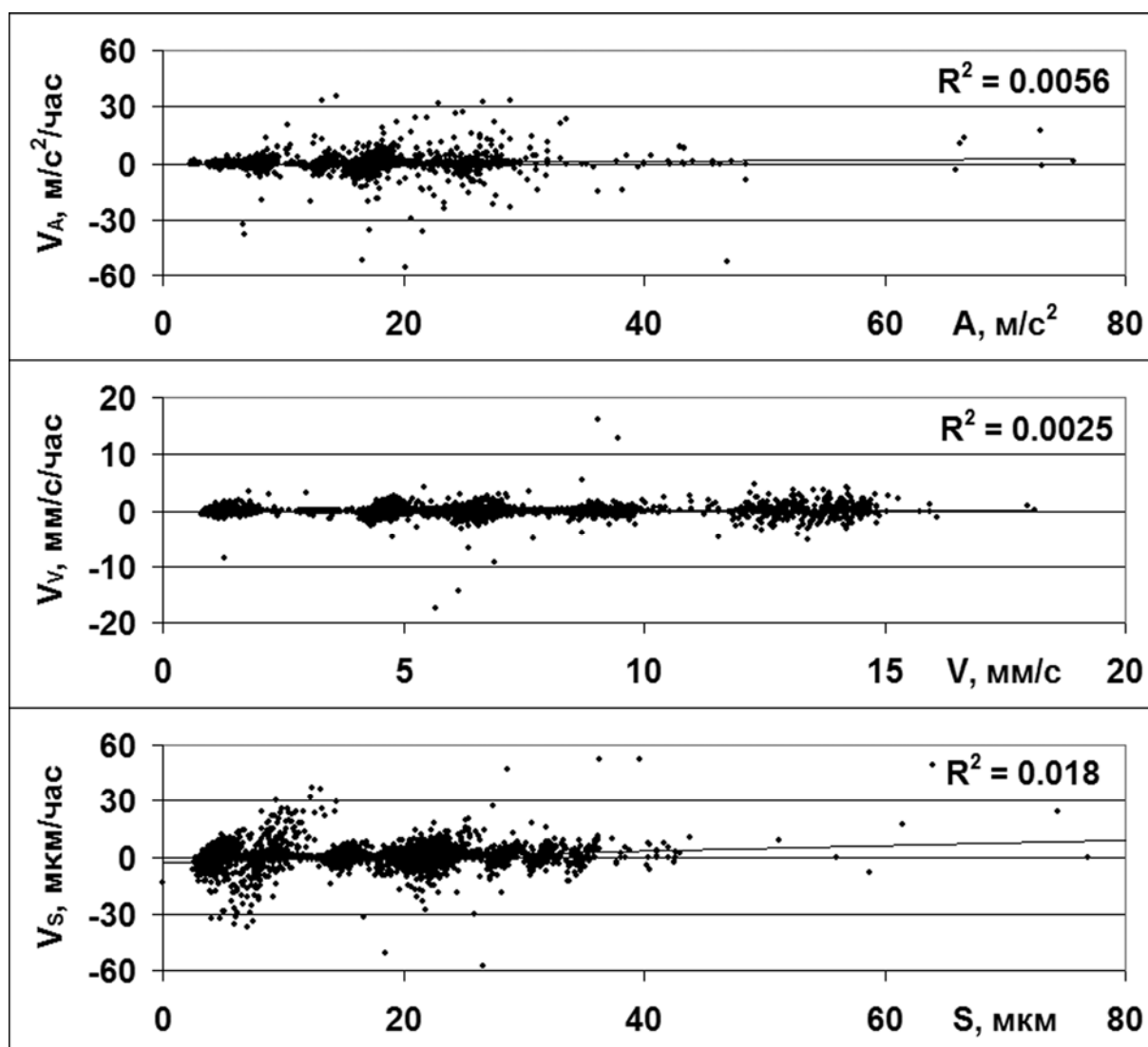


Рис. 3. Совместные распределения параметров сигналов виброускорения, виброскорости, виброперемещения и их скоростей роста.

Полученные результаты исследований доказывают необходимость совместного использования параметров сигналов виброускорения, виброскорости, виброперемещения и их скоростей изменения в качестве независимых диагностических признаков роторных агрегатов $[0, 0]$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
2. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. – М.: Машиностроение, 2002 – 224 с. ил.
3. Костюков А.В., Костюков В.Н. Мониторинг состояния по трендам вибрации и фазовой траектории жизни // В книге: Костюков В.Н. Монито-

ринг безопасности производства. – М.: Машиностроение, 2002. – Гл. 5. - С. 79-92.

4. Костюков А.В., Костюков В.Н. Экспериментальная установка для исследования виброакустических процессов в электромеханических агрегатах на базе программного пакета Agilent VEE // Материалы восьмой все-русской научно-технической конференции «Современные тенденции в развитии конструирования коллекторных и других электромеханических преобразователей энергии». – Омск, 2003 – С. 226-239.

ПРАКТИКА ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОРШНЕВЫХ МАШИН

Костюков В.Н., Науменко А.П.

Научно-производственный центр «ДИНАМИКА», г. Омск

Рассмотрены некоторые результаты практического диагностирования поршневых машин путем анализа виброакустических сигналов. Полученные данные позволили реализовать непрерывный контроль технического состояния поршневых компрессоров с помощью стационарной системы мониторинга.

В настоящее время в связи с ростом парка транспортных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), а также требования по безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами (ПК), работающих на взрывоопасных и вредных газах, становится **актуальной задачей** их диагностирования, а также **задача мониторинга** их технического состояния. Поэтому развитие методов и средств диагностирования поршневых машин является **актуальной проблемой**.

Экспериментальные исследования в области виброакустического диагностирования ДВС связаны со значительными затратами на разработку, изготовление и содержание стендов. Более реально использовать для проведения экспериментальных исследований стационарные ПК, результаты которых можно перенести и на ДВС. Такой подход правомерен, если контроль технического состояния ДВС проводить при их прокрутке, что позволяет избавиться от мощного виброакустического сигнала процесса сгорания.

Для контроля виброактивности узлов поршневой машины датчики абсолютной вибрации целесообразно устанавливать в наиболее динамически нагруженных зонах. Для ПК места установки датчиков стационарной системы мониторинга технического состояния КОМПАКС® [1, 0, 3, 0], кроме того, выбраны из условия контроля состояния основных узлов машины (рис. 1) с учетом минимального вмешательства в конструкцию ПК [0]. При этом, для анализа вибросигналов и использования когерентных