

Рис. 3. Исходная (а) и очищенная от шума (б) форма волны (тип вейвлета db3, число уровней дискретизации – восемь)

Из рисунка 3б видно, что при очищении сигнала от шумовой составляющей происходит преобразование фазового портрета в крестообразную форму. Это объясняется тем, что во временном сигнале, содержащем дефекты подшипников, возникают ударные импульсы. Однако при очищении сигнала уменьшается значение масштабного коэффициента, что приводит к снижению истинного значения дефекта. Кроме того, форма фазового портрета в виде крестообразной формы не позволяет определить принадлежность дефекта к какому-либо конструктивному элементу подшипника (сепаратор, тела качения, дорожки качения).

Литература

Нафиков А.Ф., Закирничная М.М., Кузеев И.Р. и др. Применение метода фазовых портретов для технической диагностики насосного оборудования // Прогрессивные технологии в машиностроении и приборостроении, 2003.

Оценка возможности определения дефекта подшипника

Магистрант Путиловский В.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Скойбеда А.Т.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

На рисунке 1 приведена форма волны, представленная в виде зависимости виброускорения от числа оборотов вала (рисунок 1а) и, для наглядности, в виде зависимости виброускорения от значения выборки сигнала (рис. 1б).

Значение виброускорения (G) составляет $9,81 \text{ мм/с}^2$.

На рисунке 1б видны три участка с максимальными всплесками вибрации, помеченные буквой А. Для каждого участка, представленного в виде отдельного диапазона на рисунке 2, был построен соответствующий фазовый портрет, показанный на рисунке 3.

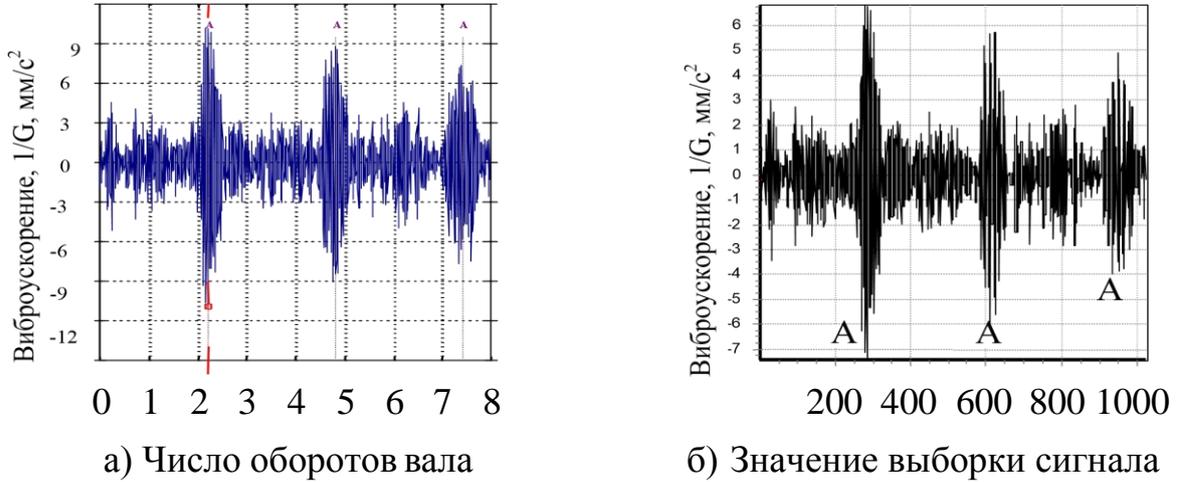
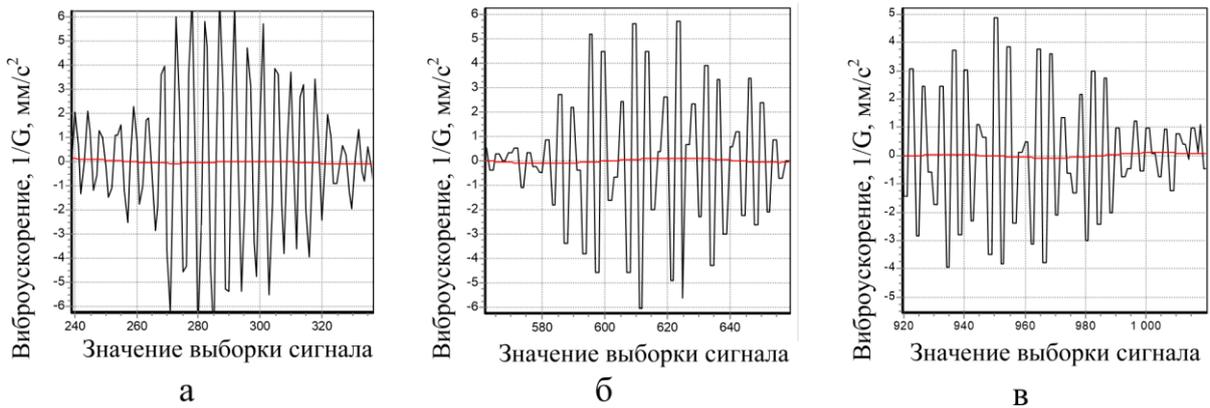
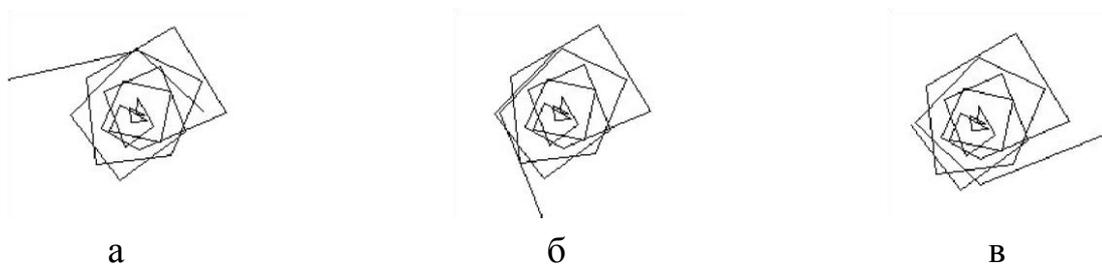


Рис. 1. Исходная форма волны вибросигнала, полученная с помощью программ MASTERTREND (а) и IMPROS (б)



а – 270-300; б – 610-640; в – 950-980

Рис. 2. Узкополосные участки исходной формы волны вибросигнала



а – 270-300; б – 610-640; в – 950-980

Рис. 3. Фазовые портреты, построенные по соответствующим узкополосным участкам. Масштабный коэффициент 14,21.

Данный метод анализа формы волны эффективен на начальной стадии зарождающихся дефектов, когда в вибросигнале шумовая составляющая импульсы от других видов дефектов проявляются слабо. Он позволяет отметить время зарождения дефекта и служить сигналом для проведения дополнительных обследований агрегата.

Однако очень часто в форме волны вибросигнала отсутствуют явные ударные импульсы, хотя на спектре присутствуют составляющие, характеризующие наличие дефектов в агрегате. В таком случае можно использовать другой подход определения дефектов в подшипниках качения, основанный на сравнении фазового портрета исследуемого насосного агрегата с фазовым портретом, соответствующим предельному состоянию конструктивного элемента.

Для построения фазовых портретов конструктивных элементов подшипников в предельном состоянии были определены значения амплитуды, соответствующие основным частотам подшипниковой вибрации, которые, в свою очередь, были рассчитаны по общеизвестным формулам для подшипников, применяемых на исследуемых агрегатах. На рисунке 5а показано наложение на спектр сетки частот подшипниковой вибрации, соответствующих дефекту сепаратора. Значение амплитуды пика на частоте 20 Гц (по которому произошло наложение) использовалось для построения «искусственного» спектра (рисунок 5б), соответствующего этому дефекту.

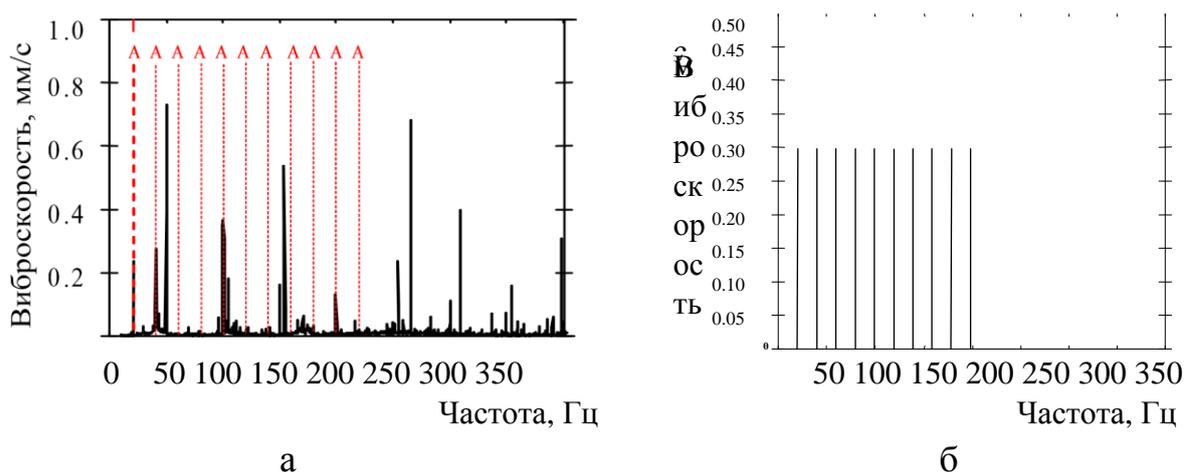


Рис. 5. Спектры реального (а) и «искусственного» (б) сигнала

Аналогичным образом были получены «искусственные» спектры остальных дефектов конструктивных элементов подшипника. На их

основе построены «элементарные» фазовые портреты, представленные на рис. 6.

Отработка представленного выше подхода при оценке технического состояния подшипников качения была проведена на основе анализа вибросигнала на конкретном примере с развитым дефектом подшипника. Для этого поочередно складывались реальный сигнал, спектр которого показан на рисунке 7а, искусственно созданные сигналы для дефектов конструктивных элементов подшипника с амплитудой, равной величине максимального пика, показанного горизонтальной стрелкой. В качестве примера на рисунке 7б приведен спектр, полученный сложением реального спектра и спектра «искусственного» сигнала, соответствующего дефекту внутренней дорожки качения. По полученным в результате сложения сигналам были построены фазовые портреты.

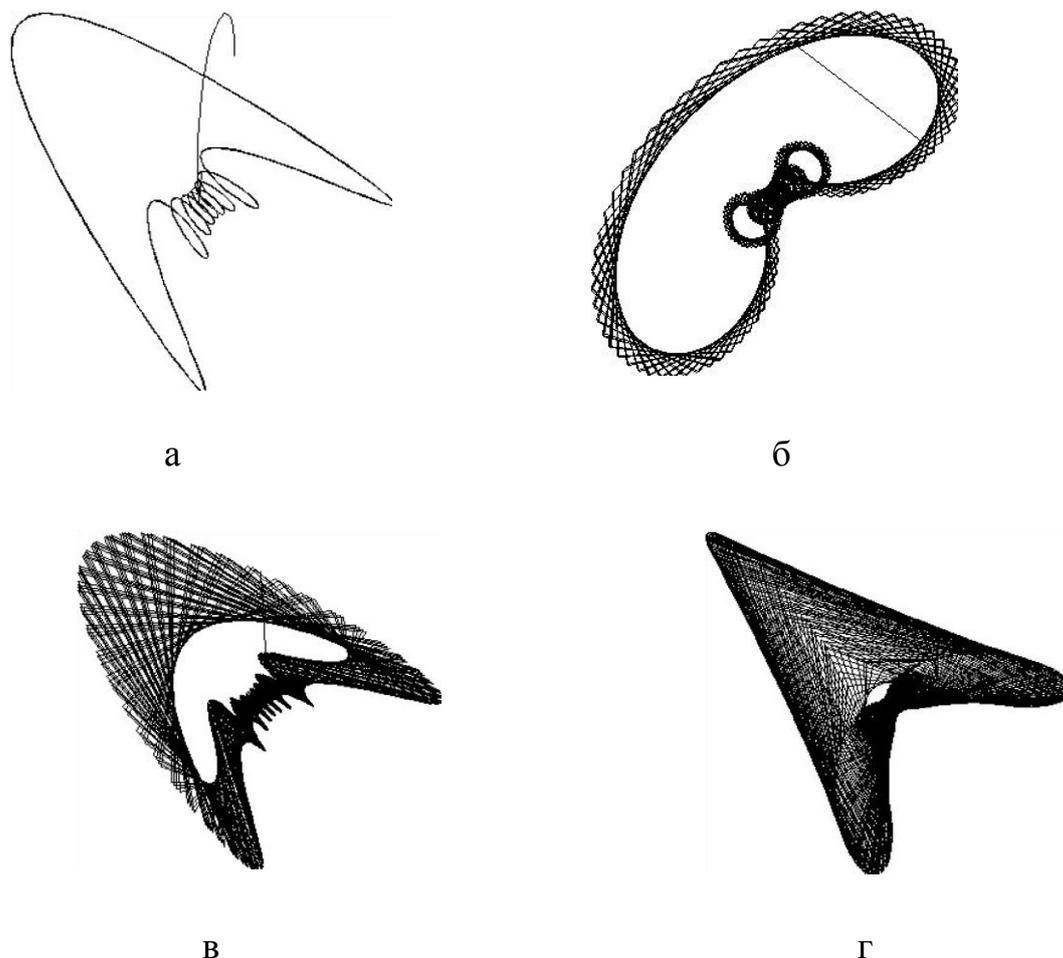


Рис. 6. Элементарные фазовые портреты «искусственных» сигналов, соответствующие дефектам сепаратора (а), тел качения (б), наружного кольца (в), внутреннего кольца (г)

По мере необходимости сигналы очищались от основных несущих частот, способствующих зашумлению фазового портрета. Построенные фазовые портреты сравнивались с соответствующими «элементарными» фазовыми портретами. В результате сравнения было определено, что в данном случае подшипник содержит дефект внутренней дорожки качения (рисунок 6). Данный вывод был подтвержден в результате визуального осмотра подшипника после остановки агрегата. Фотография дефектного участка представлена на рисунке 9.

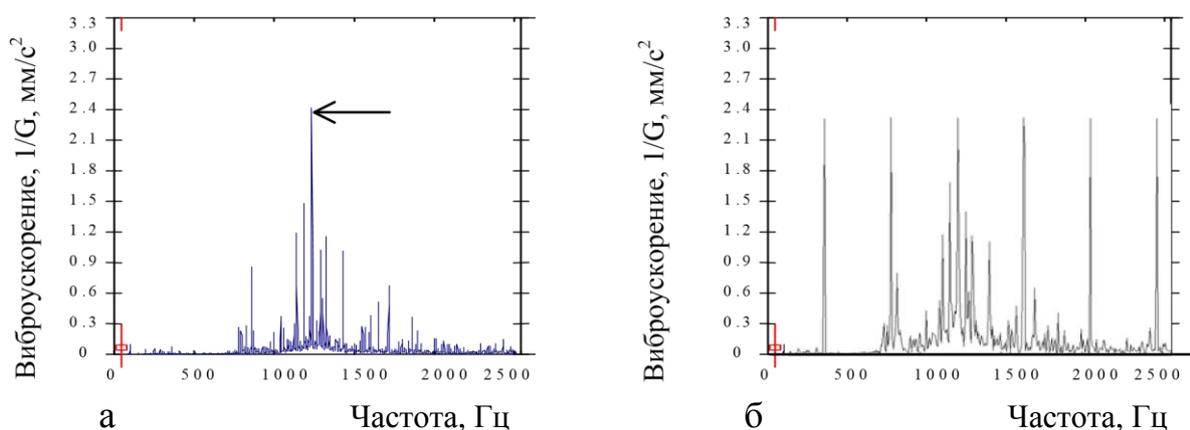


Рис. 7. Спектры вибрации реального (а) и суммированного сигнала (б)

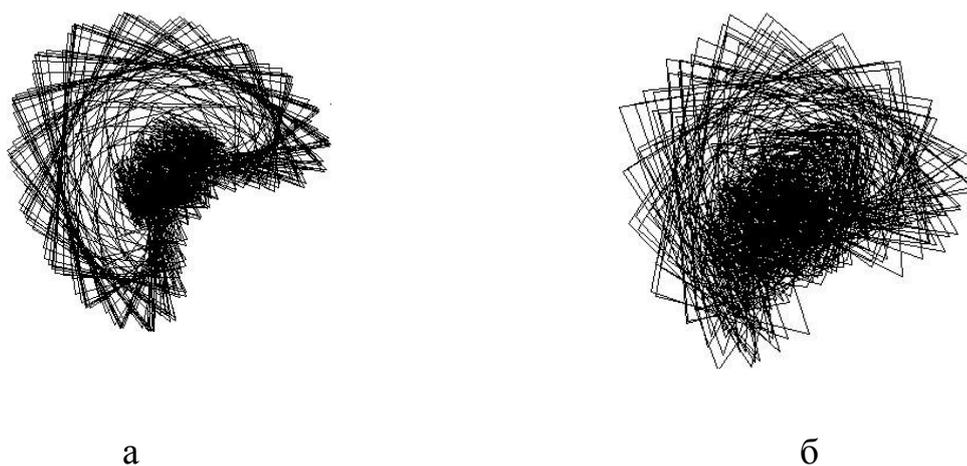


Рис. 8. Фазовые портреты дефектного подшипника: а – элементарный сигнал; б – суммированный сигнал



Рис. 9. Дефект на внутренней дорожке качения

Данная методика применялась для идентификации дефектов на ранней стадии развития. С этой целью был выбран насосный агрегат с зарождающимся дефектом сепаратора подшипника.

Периодически проводились замеры вибрации, производилась предварительная очистка сигнала от основных рабочих частот с использованием подобранных ранее параметров очистки (вейвлет Добеши, число дискретизации 11). При этом шумовая составляющая не исключалась.

Далее строились фазовые портреты на основе суммы реального и «искусственного» сигнала, соответствующего дефекту сепаратора. Видно, что фазовый портрет начинает приобретать форму, соответствующую дефекту сепаратора, с момента, когда амплитуда частоты, относящаяся к его вибрации, превышает шумовую составляющую в 2,5 раза.

Литература

1. Автоматизированная система обработки и анализа виброакустических сигналов URL: <http://www.pkufa.ru/support/defects/>
2. Выявление дефектов подшипника качения с использованием системы признаков/ В. Гай [и др.] // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2015. Т. 13, № 3. С. 3136.
3. Метод оценки частоты основного тона в условиях помех // Цифровая обработка сигналов. 2013. № 4. С. 171.