

Секция: Технические науки

Закирничная Марина Михайловна

доктор технических наук, заведующая кафедрой АТПП

Уфимский государственный нефтяной технический университет

г. Уфа, Россия

Булатов Булат Рафисович

магистрант кафедры АТПП

Уфимского государственного нефтяного технического университета

г. Уфа, Россия

МЕТОДОЛОГИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НАСОСНО- КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОСНОВ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА

Идентификация дефектов при анализе спектральных вибрационных сигналов чаще всего невозможна в силу существования и развития в сигнале сразу нескольких дефектов. В качестве дополнительного критерия для определения конкретного типа дефекта используется анализ форм волны параметров вибрации, однако и здесь выявление характерных сигналов бывает затруднено из-за наличия в сигнале «посторонних» составляющих других дефектов или шума [1; 2].

При мониторинге технического состояния оборудования на предприятиях основным параметром для анализа является общий уровень вибрации, превышение которым допустимых пределов является сигналом для принятия соответствующих мер. Однако часто на практике встречаются такие случаи, когда, несмотря на общий уровень вибрации, вызываемый определенным дефектом, в агрегате развивается другой дефект, чье влияние на общий уровень вибрации поначалу незначительно, но через некоторое время скорость развития дефекта начинает расти с экспоненциальной зависимостью, что в конечном итоге сказывается и на уровне вибрации. В

таких случаях при естественном реагировании сигнализации системы мониторинга иногда бывает поздно предотвратить аварийную ситуацию [3; 4].

Поэтому возникает необходимость в разработке дополнительных методов анализа вибросигналов, не зависящих от типа агрегата и условий его работы и позволяющих более качественно оценивать информацию, получаемую в результате замеров вибрационных параметров дефектных агрегатов. Помимо общего уровня вибрации требуется дополнительный критерий оценки общего состояния оборудования, который отражал бы в себе состояние вибрационного сигнала. На основании литературных данных выявлена возможность применения в разработке новых методов некоторых элементов теории детерминированного хаоса. Хаотические процессы в детерминированных нелинейных системах - одна из фундаментальных проблем современного естествознания [4].

Понятие детерминированность подразумевает однозначную взаимосвязь причины и следствия. Если задано некоторое начальное состояние системы при $t = t_0$, то оно однозначно определяет состояние системы в любой момент времени $t > t_0$. Например, если тело движется равноускоренно, то его скорость определяется детерминированным законом:

$$u(t) = u(t_0) + at$$

При задании начальной скорости $u(t_0)$ однозначно определяется значение скорости $u(t)$ в любой момент времени $t > t_0$.

Каждый раз траектория движения тела будет сложной, непериодической; любая попытка однозначного повторения опыта приведет к отрицательному результату. Под хаосом подразумевается, что изменение во времени состояния системы является случайным (его нельзя однозначно предсказать) и не воспроизводимым (процесс нельзя повторить). Из описания терминов детерминизм и хаос следует, что эти два понятия прямо противоположны по смыслу. Детерминизм ассоциируется с полной предсказуемостью и воспроизводимостью, хаос - с полной непредсказуемостью и невозможностью [5].

Предыдущими исследованиями было доказано, что для оценки технического состояния насосно-компрессорного оборудования возможно применение метода реконструированных фазовых портретов с использованием теории детерминированного хаоса.

В [6] предложен метод оценки технического состояния с использованием качественного и количественного анализа структур реконструированных ФП построенных на основе форм волны вибросигналов НКО. Составлены фазовые портреты «элементарных» вибросигналов без опоры на какую-либо эмпирическую модель, по которым в дальнейшем при сравнительном анализе с фазовыми портретами реальных вибросигналов определялся характер дефектов, обнаруживаемых в вибрации НКО.

В [7] был определен алгоритм для построения реконструированных фазовых портретов, характеризующих динамическое поведение центробежных насосных агрегатов непосредственно из самой амплитудно-временной характеристики вибросигналов и предложен метод построения элементарных сигналов и их фазовых портретов.

В [8] было установлено, что в вибрационном сигнале в зависимости от характера развивающихся дефектов присутствуют помимо гармонических сигналов и другие типы «элементарных» сигналов, а именно импульсные сигналы, затухающие сигналы, модуляционные сигналы и так далее, которые зачастую очень сложно определить при анализе спектра. Каждый из данных сигналов имеет свой фазовый портрет, в корне отличный по своей структуре от фазовых портретов других «элементарных» сигналов.

Фазовый портрет представляет собой совокупность различных фазовых траекторий, которая характеризует состояние и движение динамической системы. Каждая точка фазовой плоскости отражает одно состояние системы и называется фазовой, изображающей или представляющей точкой. Изменение состояния системы отображается на фазовой плоскости движением этой точки. След от движения изображающей точки называется фазовой траекторией. Через каждую точку фазовой плоскости проходит лишь одна

фазовая траектория, за исключением особых точек. Фазовые траектории позволяют увидеть всю совокупность движений, которые могут возникнуть при всевозможных начальных условиях. Если переменных две, то одну из них можно принять за X_1 а другую за X_2 и получить зависимость одной величины от другой, в декартовых координатах. Это называется фазовым портретом системы в фазовом пространстве (рисунок 1).

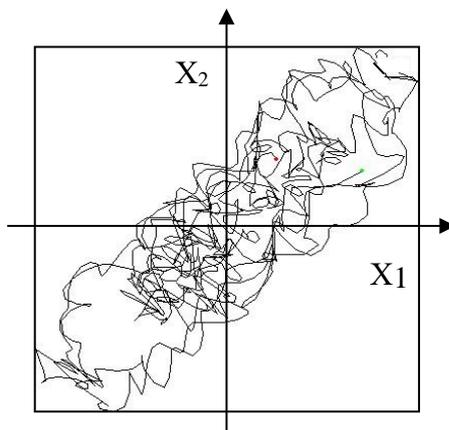
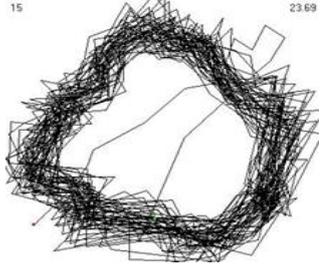
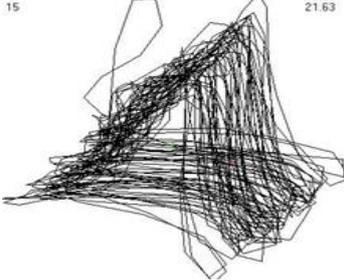
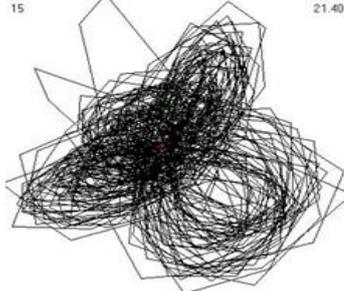
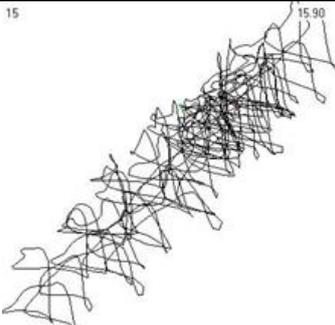
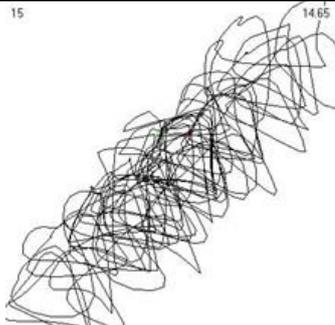
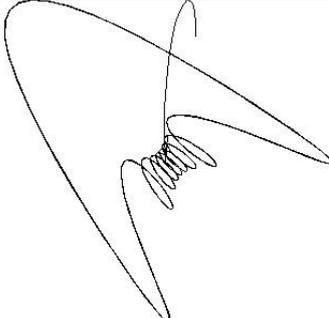


Рис. 1. Фазовый портрет вибрационного сигнала

В вибрационном сигнале в зависимости от характера развивающихся неисправностей присутствуют помимо гармонических сигналов и другие типы «элементарных» сигналов, а именно импульсные сигналы, затухающие сигналы, модуляционные сигналы и так далее, которые зачастую очень сложно определить при анализе спектра. Как было определено в [6], каждый из сигналов имеет свой фазовый портрет, в корне отличный по своей структуре от фазовых портретов других «элементарных» сигналов, т.е. каждая из неисправностей насосных агрегатов имеет характерный фазовый портрет (таблица 1).

Таблица 1

Характерные фазовые портреты распространенных неисправностей [6]

Тип неисправности	Вид фазового портрета в развитии	
Дисбаланс		
Расцентровка		
Потеря жесткости опор		
Дефект сепаратора подшипника		

В [9] при изучении искусственных сигналов было установлено, что в качестве характеристик степени развития неисправностей насосного агрегата может служить размерность реализации и площадь фазового портрета, позволяющие оценить техническое состояние насосного агрегата по шкале, принятой службой вибродиагностики. Поэтому в настоящее время создается

база данных для программного комплекса, позволяющего в автоматическом режиме определять состояние НКО, согласно шкале методических рекомендаций по проведению диагностических виброизмерений центробежных компрессорных машин и центробежных насосных агрегатов на основе амплитудно-временной характеристики вибросигналов с дополнительным учетом размерности реализации фазовых портретов.

Литература

1. Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. - М., 1996. – С. 5–276.
2. Закирничная М.М. Применение теории вейвлетов и детерминированного хаоса для анализа технического состояния насосных агрегатов консольного типа: монография / М.М. Закирничная Д.С. Солодовников, Д.В. Корнишин, М.И. Власов; под ред. И.Р. Кузеева, - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. – 95 с.
3. Балицкий Ф.Я., Генкин М.Д., Иванова М.А., и др. Современные методы и средства вибрационной диагностики машин и конструкций / Научно-технический прогресс в машиностроении.- М.: МЦНТИ и ИМАШ РАН, 1990. – Вып. 25. – С. 5–116.
4. Закирничная М.М., Корнишин Д.В. Критерии оценки технического состояния центробежного насосного оборудования с применением трехмерного вейвлет-анализа / Нефтегазовое дело, 2015. - том 13. - №2. - С. 151-156.
5. Кузеев И.Р., Закирничная М.М., Сабуров В.К., Нафиков А.Ф. Вибродиагностика оборудования с использованием основ детерминированного хаоса / Контроль. Диагностика. - 2004. - № 12. - С. 16-23.
6. Солодовников Д.С. Вейвлеты и детерминированный хаос при анализе

вибросигналов центробежно-компрессорных агрегатов / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Уфа: УГНТУ, 2000. - с. 146.

7. Нафиков А. Ф. Выявление дефектов подшипников качения с использованием метода фазовых портретов при вибродиагностике насосных агрегатов / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Уфа: УГНТУ, 2004. - с. 75.
8. Сабуров. В. К. Изменение фазовых портретов в насосных агрегатах в процессе накопления дефектов / Диссертация на соискание степени магистра. – Уфа: УГНТУ, 2003.
9. Херувимов Д.В. Применение теории детерминированного хаоса для анализа технического состояния насосно-компрессорного оборудования / Диссертация на соискание степени магистра – Уфа: УГНТУ, 2014. – с. 75.