

## ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 53.083(430.1)

П. Б.Герике

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПРЕССОРОВ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ПО ПАРАМЕТРАМ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

В рамках процедуры экспертизы промышленной безопасности технических устройств, эксплуатирующихся на опасных производственных объектах, а также в ходе проведения технического диагностирования учеными и специалистами ИУ СО РАН и ФГБОУ ВПО КузГТУ (г. Кемерово) выполнен вибродиагностический контроль компрессорного оборудования, эксплуатирующегося в условиях предприятий химической, угольной и горнорудной промышленности Кузбасса.

Контроль по параметрам вибрации - единственный метод неразрушающего контроля, позволяющий без длительного непроизводительного простоя техники определить фактическое техническое состояние динамически работающего агрегата [1, 2]. Для его проведения и обобщения статистической информации была сформирована выборка из 30 единиц поршневых компрессоров типа ПК-1,7. Этот тип компрессора устанавливается в

пневматической системе одноковшовых карьерных шагающих экскаваторов ЭШ 10/70, активно эксплуатируемых в угольной промышленности Кузбасса. На примере этой выборки (а также других типах компрессорного оборудования) рассмотрим процесс выявления наиболее распространенных дефектов, диагностируемых методом контроля по параметрам механических колебаний.

Оценка технического состояния промышленных компрессоров осуществляется, как правило, на основе анализа параметров виброскорости и виброускорения как в стандартном, так и расширенном до 7-10 кГц частотном диапазоне методом прямого спектрального анализа.

Применительно к компрессорным установкам, независимо от их типа, конструкции и режимных характеристик наибольшее распространение получили следующие виды неисправностей и повреждений:

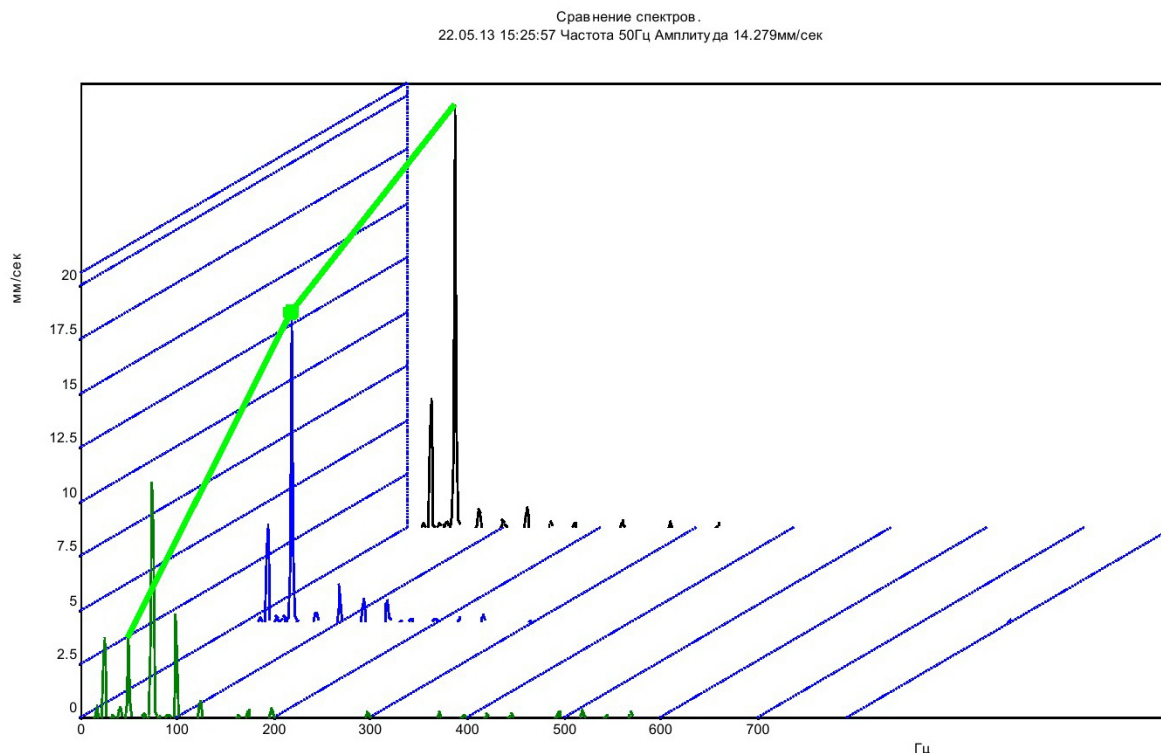


Рис. 1. Расцентровка электродвигателя с поршневым компрессором ПК-1,7(пневматическая система драглайна ЭШ 10/70).

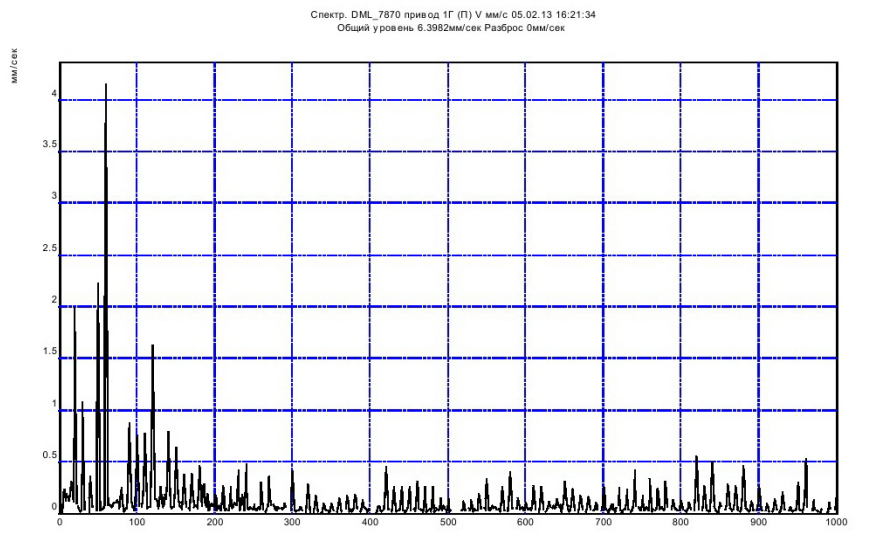


Рис. 2. Нарушение центровки ДВС с компрессором (буровая установка DML-1200).

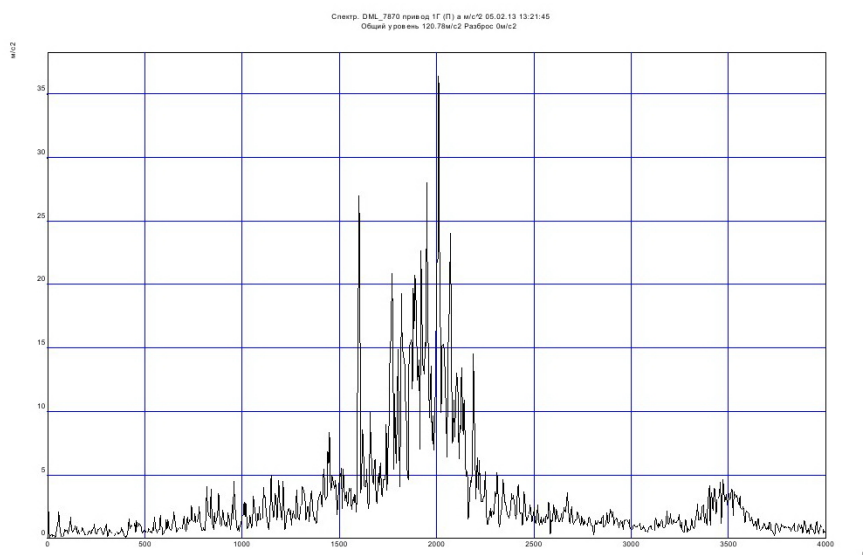


Рис. 3. Результирующий спектр по параметру виброускорения, общий уровень  $A=120,8 \text{ м/с}^2$ .

- расцентровка двигателя с компрессором;
- нарушение жесткости системы;
- износ рабочих элементов компрессора;
- ослабление посадки, увеличение зазоров подшипников;
- разнообразные повреждения подшипников качения, нарушение режима их смазки;
- повреждения привода компрессора различной природы (дисбаланс ротора электродвигателя, износ элементов поршневых групп ДВС и т.д.);
- повреждения элементов соединительных муфт;
- повреждения ременных передач.

Результаты многолетних наблюдений за техническим состоянием компрессорного оборудования, эксплуатирующегося в угольной и химической отраслях промышленности Кузбасса показыва-

ли, что на первом месте среди дефектов такого класса машин находится нарушение центровки привода (рис. 1). Среди всех разновидностей этого дефекта следует выделить два наиболее опасных типа: осевой изгиб вала и нарушение соосности валов в горизонтальной плоскости. На практике, как правило, наиболее часто встречается сочетание нескольких типов – коленчатая, горизонтальная и «классическая» вертикальная расцентровка.

Как правило, нарушение соосности валов агрегата является следствием нарушения технологии монтажа и центровки, и за непродолжительный период времени этот дефект приводит к значительному росту величин параметров вибрации, эксплуатационный ресурс подшипников уменьшается в несколько раз, выходят из строя соединительные муфты, происходит общее нарушение жесткости системы и т.д.

Еще один пример расцентровки валов при-

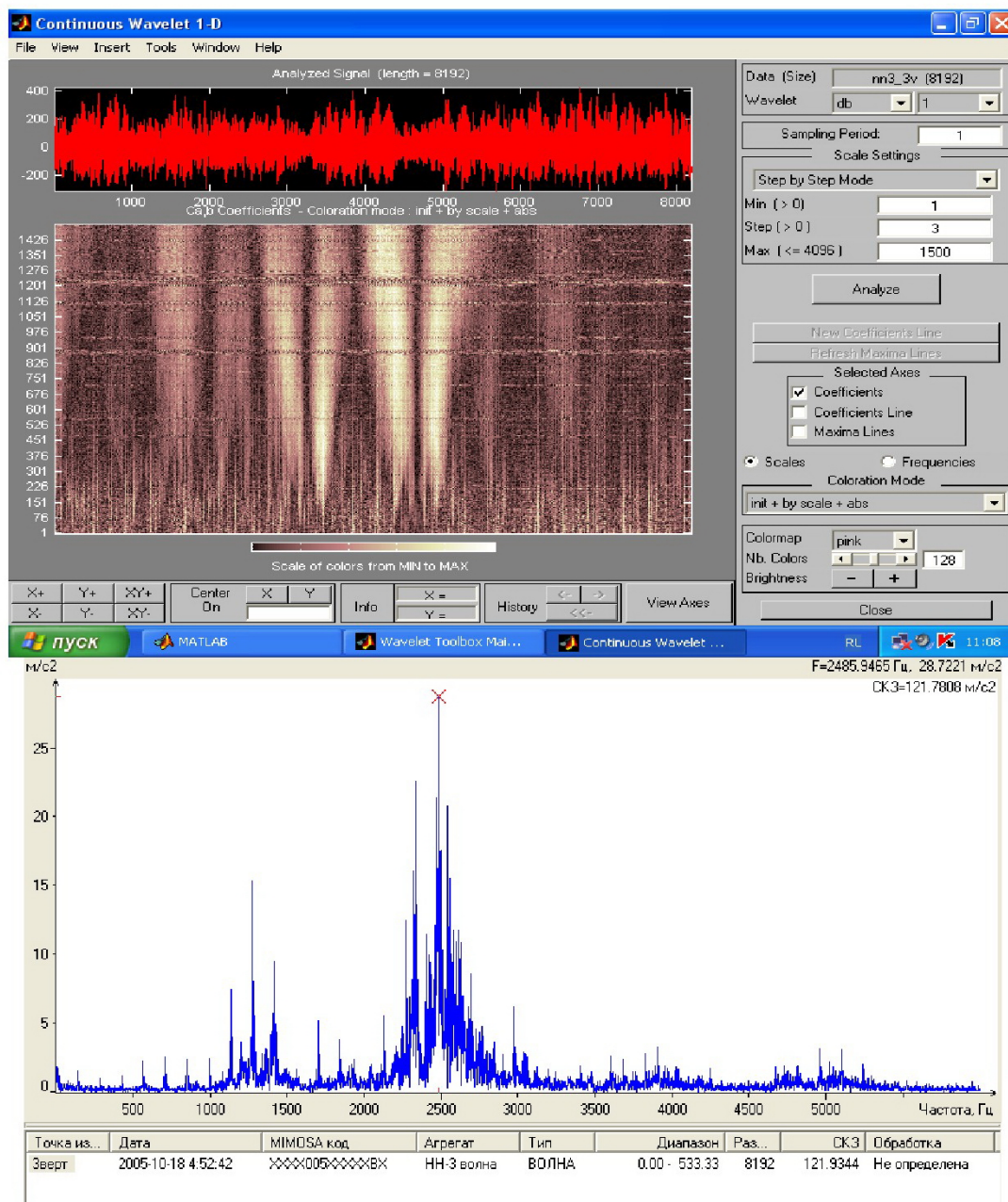


Рис. 4. Сигнал, его вейвлет-преобразование и спектр виброускорения, полученные на подшипниковом редукторе компрессора с нитрозным нагнетателем ТК 540-41-1.

веден на рис. 2. Здесь представлено нарушение соосности установки дизельного двигателя внутреннего сгорания и компрессора на буровой установке DML-1200. Следует отметить, что само наличие такого типа дефектов на установках DML напрочь отвергается эксплуатирующими организациями, что объясняется высоким качеством монтажа и обслуживания оборудования, а также наличием штатных посадочных мест и крепежа для ДВС и компрессора, «исключающих» возможность расцентровки валов. Практика показывает, что это далеко не всегда так. Элементарное нарушение жесткости системы, ослабление крепежа, вызванное нагрузками на агрегат в процессе его эксплуатации, может привести к нарушению центровки, что является одной из причин выхода

из строя муфты компрессора на этом агрегате.

Одним из последствий, к которым приводит нарушение центровки валов агрегата, являются разнообразные дефекты подшипников. На рис. 3 приведен спектр по параметру виброускорения, полученный на подшипниковом узле компрессора буровой установки DML-1200.

Конические роликовые подшипники, устанавливаемые на роторные винтовые компрессора производства компании Ingersoll Rand сами по себе достаточно надежны и обладают значительным эксплуатационным ресурсом. Однако нарушение центровки валов агрегата оказывает свое разрушительное воздействие на этот узел. Гармонические составляющие спектра свидетельствуют о наличии сразу нескольких развитых дефектов

подшипника – изменении формы тел качения и деформации сепаратора.

С точки зрения анализа параметров виброакустической волны, наиболее эффективным считается применение сразу группы методов контроля по параметрам механических колебаний. Комплексный диагностический подход, как правило, включает в себя метод прямого спектрального анализа, синхронное накопление, анализ огибающей и эксцесс. Кроме того, при проведении диагностики мощных компрессоров, эксплуатирующихся в химической промышленности, к этой группе методов добавляется анализ вейвлет-преобразования. Именно такое сочетание методов вибродиагностики обеспечивает возможность максимально точной интерпретации полученных результатов с указанием степени развития того или иного дефекта, четкого формулирования рекомендаций по ремонту техники, разработки достоверных прогнозных моделей развития типовых повреждений промышленных компрессоров [1, 2].

Пример комплексного подхода к диагностике технического состояния иллюстрирует рис. 4. В качестве объекта для анализа была выбрана компрессорная установка с нитрозным нагнетателем, привод которой оснащен мультипликатором (редуктором) Р-1800/2,72.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о недопустимом техническом состоянии зубчатых зацеплений редуктора, дана рекомендация о замене изношенного мультипликатора. В качестве экстренной меры может допускаться обкатка редуктора без нагрузки с применением современных ремонтных паст, при условии понижения уровня вибрации до величин  $V_{\text{вскз}} = 7,1 \dots 9,0$  мм/с. В случае выполнения этого условия будет возможна временная непродолжительная эксплуатация нитрозного нагнетателя при нагрузке до 80% от проектной мощности.

Таким образом, результаты комплексного диагностического подхода позволяют:

- извлечь максимум полезной информации из виброакустического сигнала;

- сформулировать точные диагностические признаки дефектов исследуемого оборудования и критерии предельно допустимого состояния техники;

- минимизировать недостатки и ограничения применяемых методов диагностики;

- более точно оценить фактическое техническое состояние агрегата.

Обобщая результаты проведенных многолетних исследований, следует отметить факт нахождения значительной части диагностируемого оборудования в недопустимом техническом состоянии. Это является определяющим фактором, напрямую оказывающим негативное влияние на безопасность обслуживающего персонала и экономические показатели работы предприятия.

Предложенные диагностические подходы могут быть использованы в качестве основы для перехода на более совершенные формы технического обслуживания. Накопленные базы данных по параметрам виброакустического сигнала, сформулированные критерии предельного технического состояния оборудования, а также разработанные математические модели развития дефектов различных узлов и агрегатов могут быть использованы при переходе на систему обслуживания техники по фактическому техническому состоянию. Одним из элементов этой системы являются стационарные аппаратно-программные комплексы, позволяющие проводить диагностику в автоматизированном режиме. Внедрение оборудования такого класса оправдано на предприятиях химической промышленности, эксплуатирующих, в частности, мощные аммиачные компрессора.

Предложенная система управления техническим обслуживанием позволит в полном объеме решить стоящие перед промышленностью Кузбасса задачи, связанные с безопасной и эффективной эксплуатацией техники. Кроме того, удастся минимизировать аварийные простои, оптимизировать логистику и складское хозяйство предприятий .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герике Б.Л. Диагностика горных машин и оборудования. Учебное пособие. /Б.Л. Герике, П.Б. Герике, В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, А.А. Хорешок / Москва, 2012. – 400 с.
2. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 т. под ред. чл.-корр. РАН В.В. Клюева, т.7 – Москва, 2005. – 828 с.
3. Клишин В.И. Монтаж, демонтаж, эксплуатация и ремонт горно-шахтного оборудования. Учебное пособие. /В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, В.И. Клишин // Москва, 2012. – 511 с.

□ Автор статьи:

Герике  
Павел Борисович,  
канд. техн. наук, ст. научн. сотр. лаб.  
средств механизации отработки угольных  
пластов Института угля СО РАН, доцент  
каф.горных машин и комплексов КузГТУ  
Email: am\_besten@mail.ru