

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

методов обработки сигналов [0] используется информация об угловом положении вала.

Измерение и сохранение виброакустических сигналов в базах данных и трендов вибропараметров в течение более чем 9 лет стационарной системы мониторинга технического состояния КОМПАКС®, а также персональной системы автоматической диагностики Comracs-micro с датчиков, установленных на различных узлах ПК, позволили выявить определенные закономерности развития неисправностей ПК [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]. Так как низкие частоты вращения обуславливают и низкие скорости износа деталей, то часто состояние ПК определяет технологический режим его эксплуатации, определяющий динамические нагрузки на его узлы и детали. В первую очередь превышение допустимых нагрузок приводит к выходу из строя клапанов. Проблема выявления на ранней стадии разрушений клапанов является одной из основных задач при организации мониторинга состояния ПК. Вибрационные процессы, сопровождающие работу клапанов, являются весьма информативными для оценки их состояния. Однако, обычные методы анализа вибросигналов во временной и частотной областях, используемые для диагностики центробежных агрегатов, не дали положительных результатов. Это объясняется тем, что виброакустический сигнал представляет собой смесь шумовых и периодических составляющих, источником которых является не только механические, но и газодинамические источники вибросигнала, вызывающие возникновение импульсной высокочастотной вибрации. Выделение огибающей исходных сигналов, а также когерентная фильтрация позволили выявить неисправность клапанов на ранней стадии в момент поломки первых пружин. При этом изменение характеристик вибропараметров было зафиксировано за пять дней до выявления неисправности клапана обычными методами - по температуре. Разборка клапана подтвердила поломку пружин и пластин клапана.

Кроме того, анализ вибрации в различных высокочастотных зонах позволил выявить взаимосвязь амплитуд комбинационных составляющих гармоник частоты вращения коленчатого вала и технического состояния его узлов. Так определено, что соотношение амплитуд первых гармоник частоты вращения является надежным диагностическим признаком неисправности клапанов (рис. 2), при этом уровни вибропараметров характеризуют общее техническое состояние клапанов (рис. 3) [0]. Каждое превышение уровня ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР (ТПМ) или НЕДОПУСТИМО (НДП) вибропараметра (рис. 3) свидетельствует о необходимости замены или ремонта клапанов, а каждое значение параметра, равное нулю, говорит об остановке компрессора и замене клапанов. На приведенном примере (рис. 3) тренды вибропараметров системы мониторинга состояния поршневых компрессоров имеют большое количество выбросов (рис. 3 участок

1), что свидетельствует о появлении неисправностей клапанов и разрушении их деталей.

Почти 5 месяцев на одном из компрессоров с заводскими регулировками эксплуатировались клапана новой конструкции (рис. 3, участок 2). Количество поломок клапанов сократилось, тем не менее, за это время было заменено 17 клапанов. Затем была проведена ревизия клапанов, заменены пружинки, проведена регулировка клапанов. После этого (рис. 3, участок 3) (примерно за два с половиной месяца до окончания наблюдения) уровень вибрации существенно снизился и стал ниже предупредительного уровня. Разрушения клапанов прекратились.

Контроль состояния коренных подшипников ПК осуществляется, как правило, посредством измерения температуры их вкладышей, что позволяет осуществлять противоаварийную защиту ПК. Однако необходимость планирования ремонтов и задача по предупреждению аварийных остановок машин ставят задачу по ранней диагностике состояния подшипников скольжения. Параметры виброакустического сигнала достаточно сложно зависят от состояния подшипников скольжения, тем не менее, глубокий анализ позволил не только выявить параметры вибросигналов, которые зависят состояния подшипников, но и провести их нормирование. На рис. 4 приведены гистограммы амплитуд виброускорения для исправного (ДОПУСТИМО) и неисправного (НДП) подшипников, что позволяет однозначно оценить их состояние. Конкретные неисправности подшипников определяются их конструктивными особенностями и выявляются при проведении спектрального анализа параметров абсолютной вибрации.

Наличие в квазипериодическом вибросигнале значительной шумовой составляющей (обусловленной газодинамическими источниками излучений) требует разработки новых подходов для анализа параметров виброакустического сигнала.

Разработанная методика обработки сигнала в частотной области позволила существенно снизить погрешность оценки параметров виброскорости и виброперемещения и повысить достоверность их оценки.

Таким образом, опыт эксплуатации стационарной системы мониторинга технического состояния КОМПАКС[®], персональной системы автоматической диагностики Comracs-micro, а также опыт разработки стендовых систем для испытаний узлов машинного оборудования позволяют обеспечить диагностику и мониторинг технического состояния поршневых машин [0], что представляется особенно эффективным при использовании систем для мониторинга состояния ПК и контроля технического состояния ДВС в стационарных условиях, например, после ремонта или при их производстве на выходном контроле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002 – 224 с.
2. Костюков В.Н., Науменко А.П. Практические основы виброакустической диагностики машинного оборудования: Учеб. пособие /Под ред. В.Н. Костюкова. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2002 – 108 с.
3. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР) / Под ред. В.Н. Костюкова. - М.: Машиностроение, 1999 – 163 с.
4. Система автоматического мониторинга состояния поршневых и центробежных компрессоров КОМПАКС / Дурсов В.М., Коренькин А.Ф., Костюков В.Н., Науменко А.П., Пидсадний А.С., Сагиров В.Х., Стариков В.А. - Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования 2004: Тр. X междунар. симпозиума. - С-Пб: Изд-во СПбГТУ, 2004. – С. 154-164.
5. Мониторинг технического состояния поршневых компрессоров // Дурсов В.М., Костюков В. Н., Науменко А.П., Пидсадний А.С. - Химическая техника. - №6 - 2004. - С. 6-12/
6. Костюков В.Н. Нормирование параметров вибрации при диагностике поршневых компрессоров // Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования: Тр. VII междунар. симпозиума.- С-Пб: Изд-во СПбГТУ, 2001. –С. 90-93.
7. Пат. 1280961 РФ, МКИ F 04 В 51/00, G01M13/02. Способ виброакустической диагностики машин периодического действия и устройство для его осуществления / В.Н. Костюков //Открытия. Изобретения. - 1986.- № 48.
8. Мониторинг неисправностей клапанов поршневых компрессоров / Востриков И.Ю., Заруденский А.А., Львов О.С. Костюков В.Н., Науменко А.П., Павленко Б.А. - Химическая техника. - № 9. - 2004. – С. 17-19.
9. Костюков В.Н., Науменко А.П. Опыт вибродиагностики поршневых машин // Двигатель-97: Материалы МНТК. - Москва: Изд-во МГТУ, 1997. – С. 73

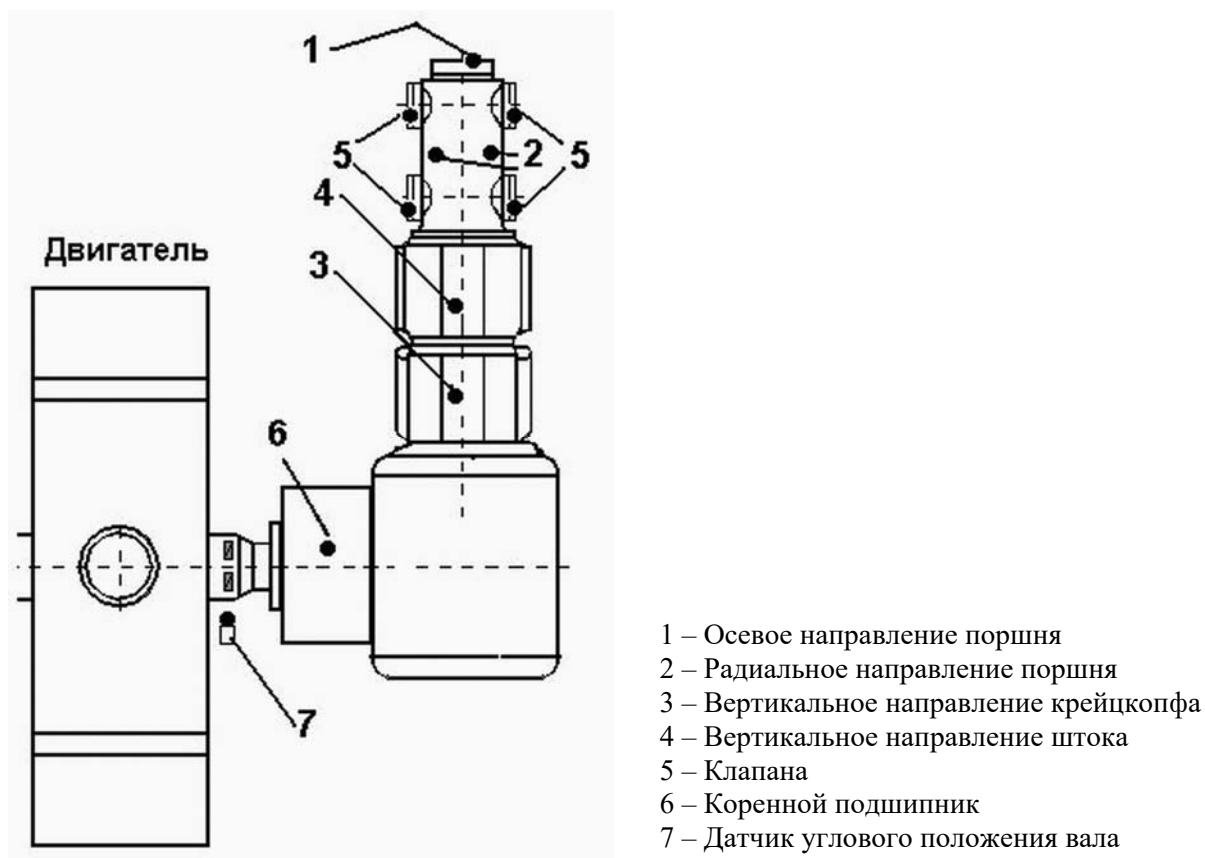


Рис. 1 – Схема расположения вибродатчиков на ПК

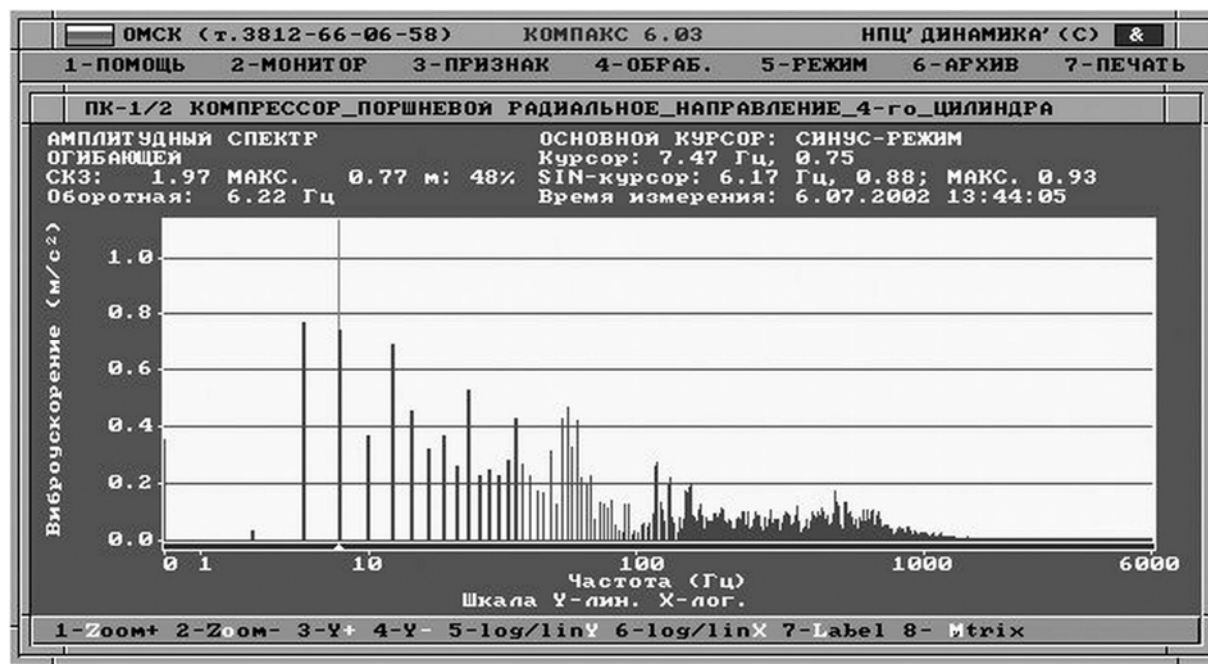


Рис. 2 – Спектр вибросигнала неисправного клапана

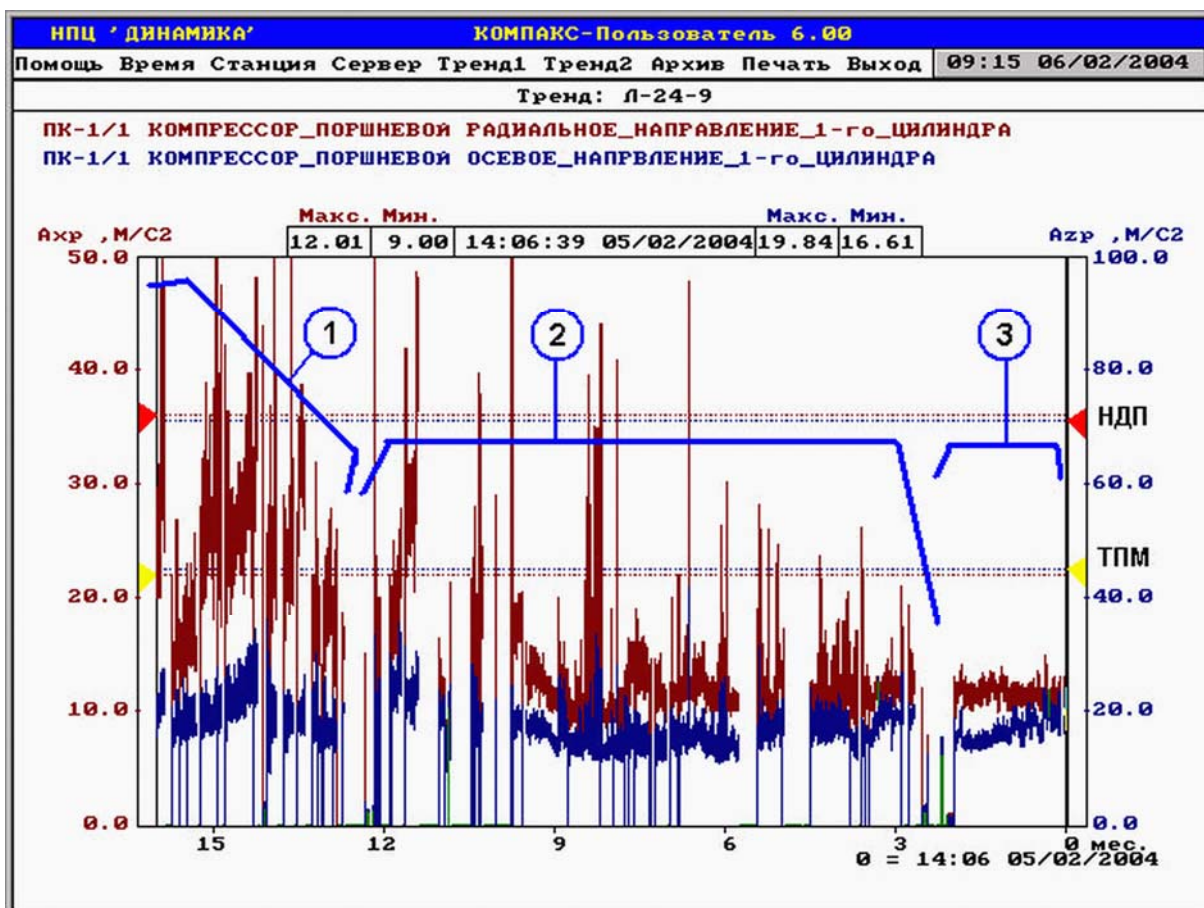


Рис. 3 - Тренды вибропараметров, характеризующие состояние клапанов

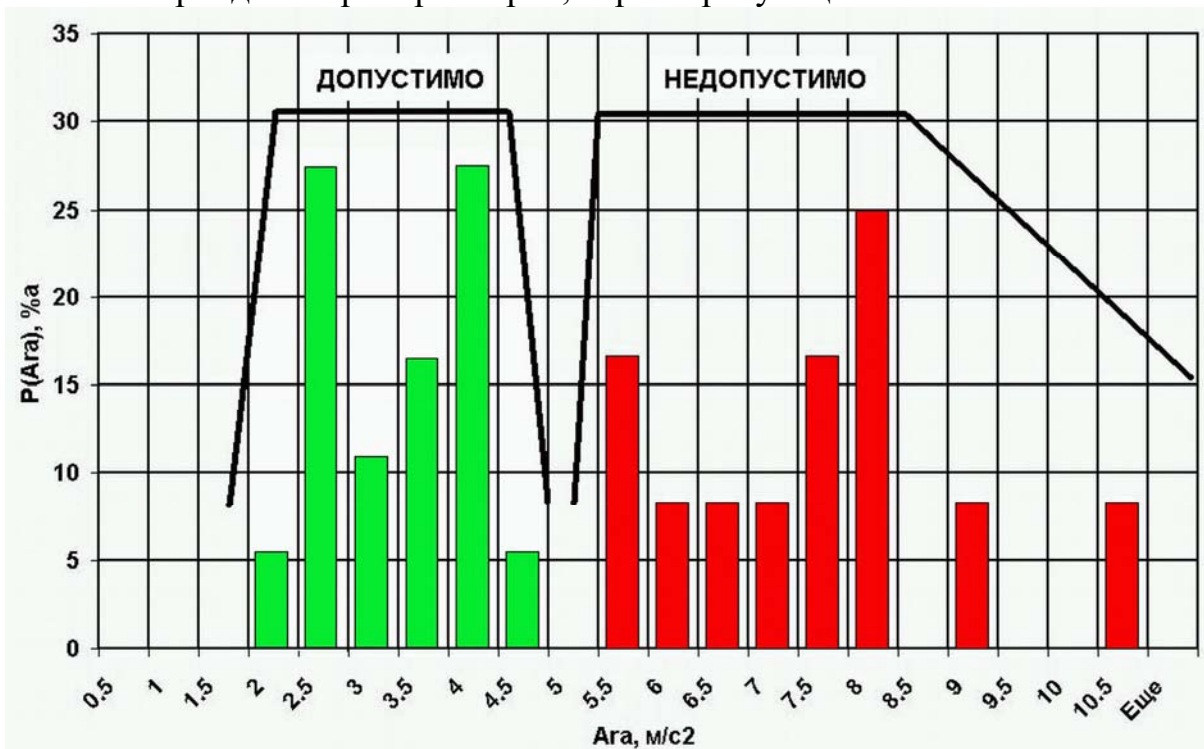


Рис. 4 – Гистограммы амплитуд вибросигналов с исправного (ДОПУСТИМО) и с узла компрессора, дальнейшая эксплуатация которого опасна (НЕДОПУСТИМО).