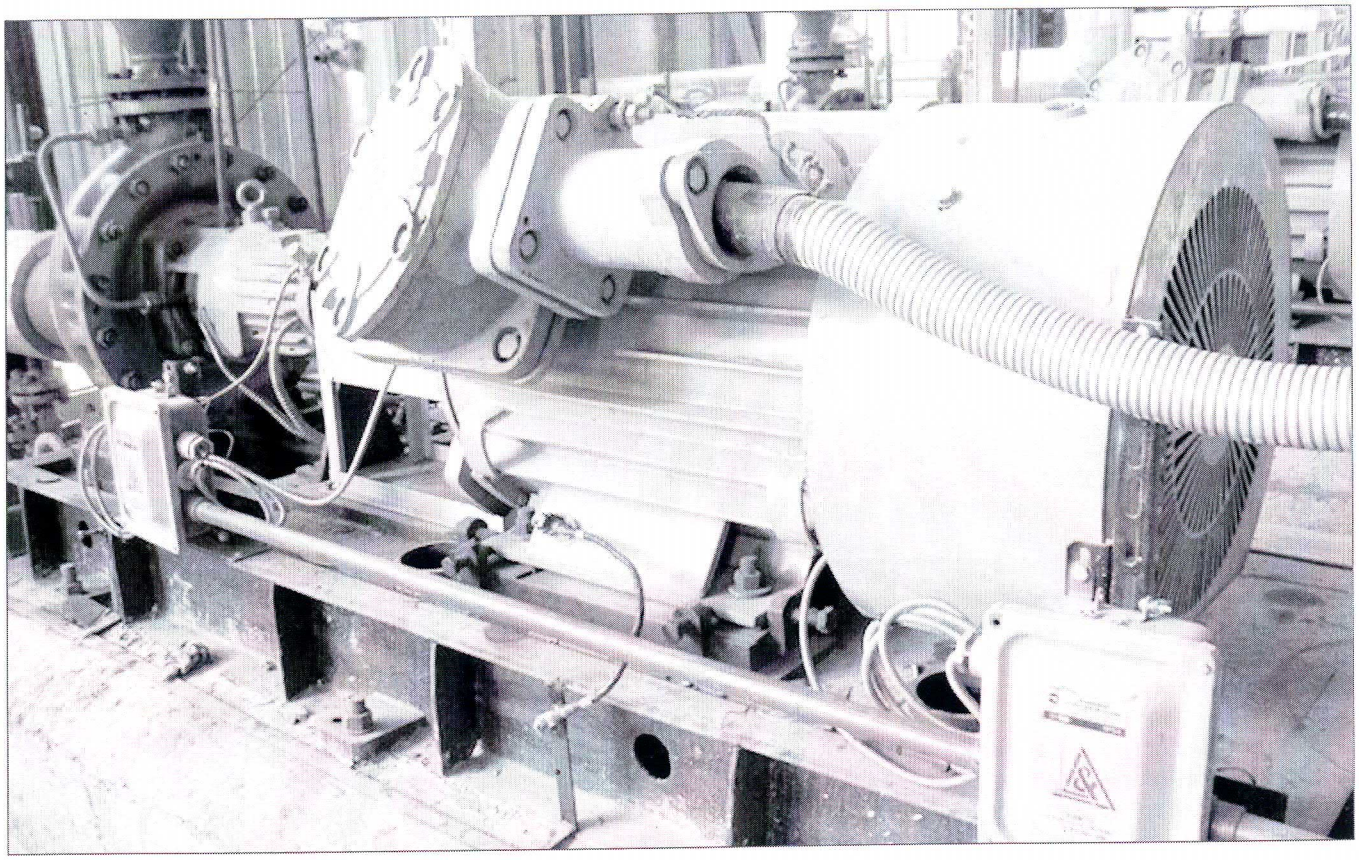

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Владимир КОСТЮКОВ,
генеральный директор НПЦ «Динамика».
Александр НАУМЕНКО,
ведущий специалист, канд. техн. наук
НПЦ «Динамика»

7. ПРАКТИКА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМАМИ КОМПАКС

Для оценки эффективности применения систем мониторинга КОМПАКС целесообразно привести несколько примеров адекватной реакции различных параметров ВА сигналов на изменении состояний различных узлов ПК (рис. 5–12).

7.1 Неисправности клапанов

Тренды вибропараметров системы мониторинга состояния ПК (рис. 5 участок 1) имеют большое количество выбросов, что свидетельствует о частом повышении уровня вибрации, являющимся следствием появления неисправностей клапанов и разрушения их деталей.

Проблема подбора клапанов для существующих технологических режимов работы ПК появляется в результате проведения модернизации установок, изменения технологических процессов. В существующих технологических условиях функционирования компрессоров могут использоваться клапаны различных производителей, однако необходимо

(Продолжение. Начало в №1)

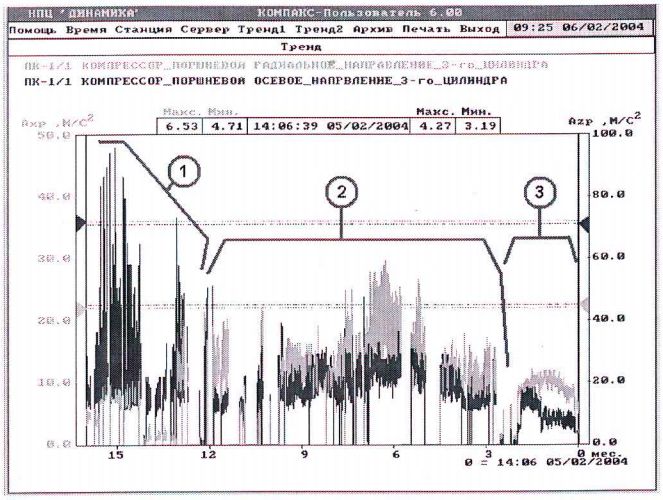

Рис. 5. Тренд вибрации клапанов

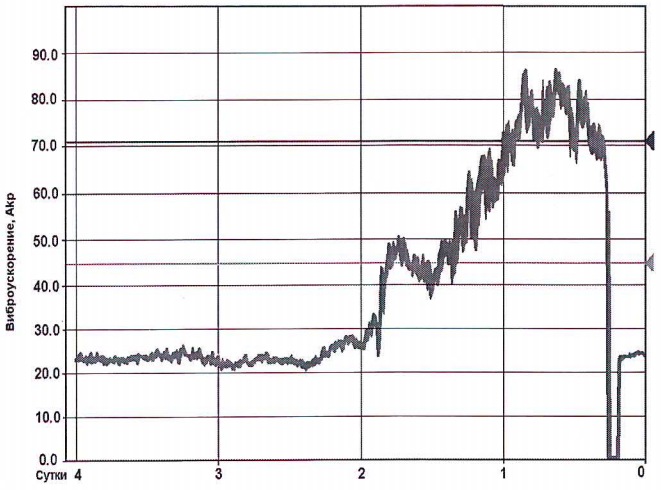

Рис. 6. Тренд вибрации клапанов

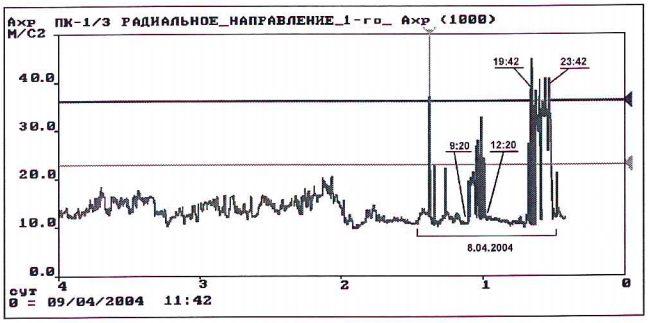

Рис. 7. Тренд вибрации цилиндра

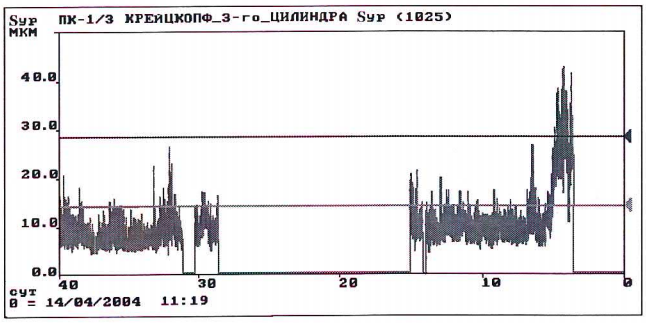

Рис. 8. Тренд вибрации крейцкопфа

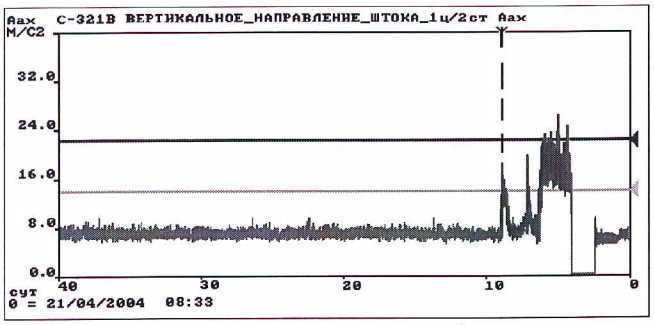

Рис. 9. Тренд вибрации штока

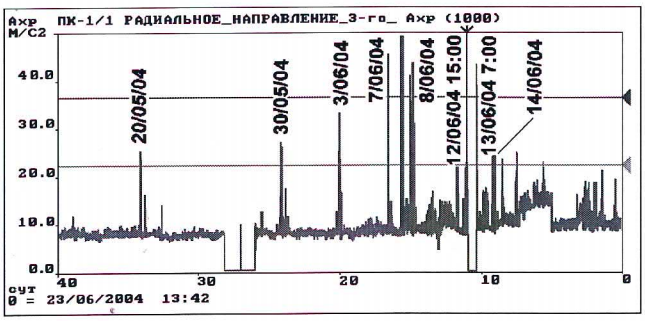

Рис. 10. Тренд при гидроударах

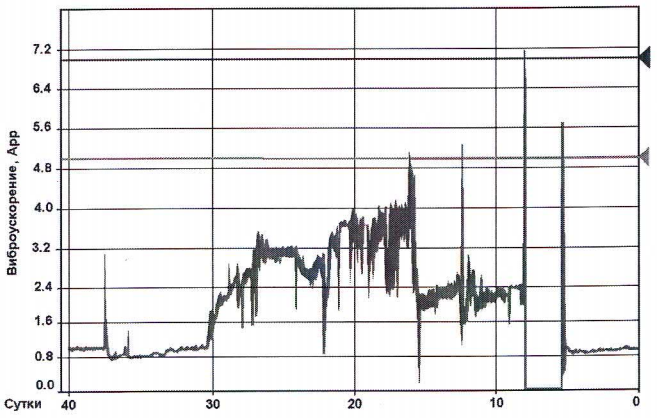

Рис. 11. Тренд вибрации подшипника

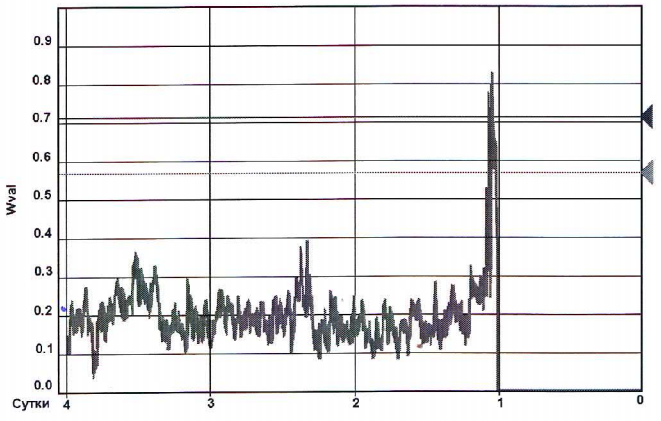

Рис. 12. Тренд спектрального инварианта

НТБ
НПЦ "ДИНАМИКА"

проводить их подбор под конкретный технологический режим.

За 5 месяцев эксплуатации клапанов с заводскими регулировками было заменено 17 штук (рис. 5, участок 2). После ревизии, ремонта всех клапанов, их регулировки примерно за четыре месяца до окончания наблюдения, уровень вибрации существенно снизился и стал ниже предупредительного уровня. Разрушения клапанов прекратились (рис. 5, участок 3).

Тренды параметров ВА сигналов систем ***real time*** мониторинга в отличие от трендов периодического контроля, эффективно отражают изменение состояния клапанов, наглядно отображают процесс возникновения и развития неисправностей, а также последствия действий персонала. На тренде (рис. 6) параметры ВА сигнала адекватно отреагировали на изменения состояния клапанов. После их замены – вибросостояние пришло в норму, абсолютное значение параметра ВА сигнала снизилось более чем в 4 раза

7.2 Неисправности деталей цилиндропоршневой группы

На рисунке 7 приведен классический мультимодальный тренд [9] параметра ВА сигнала при возникновении и развитии неисправностей деталей ЦПГ. Система **real time** мониторинга при достижении ПК состояния «**НЕДОПУСТИМО**» предупредила внезапную аварийную остановку компрессора, указав причины – неисправность деталей ЦПГ.

7.3 Неисправности деталей кривошипно-ползунного механизма

Тренд параметров ВА сигнала на рисунке 8 показывает, что система **real time** мониторинга при достижении ПК состояния «**НЕДОПУСТИМО**» предупредила внезапную аварийную его остановку, указав причины – неисправность деталей КПМ.

По тренду параметра ВА сигнала (рис. 9) с вибродатчика, установленного над штоком поршня, видно, что ПК был остановлен в состоянии «**ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР**» с предписанием «Проверь крепление, проверь зазоры». После проведения ремонта – заменены сальниковых уплотнений – состояние данного узла компрессора стало «**ДОПУСТИМЫМ**».

7.4 Нарушение технологического режима

Одной из основных причин отказов ПК является нарушение технологического режима компримирования. Попадание конденсата или жидкости в полости сжатия приводит к возникновению гидроударов. А это приводит к повышенным динамическим нагрузкам на узлы и детали компрессора. Повышенные динамические нагрузки приводят к преждевременным неисправностям. Тренд на рисунке 10 отражает реакцию ВА сигнала на попадание конденсата в полость сжатия. Поэтому по параметрам ВА сигнала можно контролировать правильность ведения режима компримирования и предотвращать неожиданные отказы ПК.

7.5 Неисправности коренных подшипников

Мультимодальный тренд параметра ВА сигнала на рисунке 11 свидетельствует о деградации вкладышей коренного подшипника. Система **real time** мониторинга предупреждала об изменении состояния ПК и переходе его в состояние «**ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР**». После перехода субъекта в состояние «**НЕДОПУСТИМО**» персонал своевременно провел ремонт. В момент пуска после ремонта виден процесс приработки.

7.6 Спектральная инварианта

Анализ гармонических составляющих амплитудно-частотного спектра вибрации корпуса ПМ с датчиков, установленных на крышке цилиндра, диагностируемой машины, и спектрального инварианта $K^{(1)}_{(1\div3)}$ показывает, что уровень спектрального инварианта $K^{(1)}_{(1\div3)}$ от 0,57 до 0,87 соответствует состоянию деталей ЦПГ «**ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР**» для машин типа «4М16-22,4/23-64», «2М10-11/42-60». Превышение уровня инварианта величины 0,87 соответствует состоянию деталей ЦПГ «**НЕДОПУСТИМО**». Тренд спектрального инварианта, приведенный на рисунке 12, показывает его реакцию на возникновение неисправностей деталей ЦПГ.

8. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА

С середины 90-х годов прошлого века до сегодняшних дней в известных, в основном зарубежных, системах диагностики и мониторинга ПК основное внимание уделяется мониторингу состояния и диагностированию следующих узлов:

– **клапаны** – работоспособность;

– **цилиндр** – изнашивание уплотнений, колец и рабочих поверхностей, ослабление крепления поршня;

– **кривошипно-ползунный механизм** (КПМ) – увеличенный зазор в подшипнике верхней головки шатуна, изнашивание опорной поверхности ползуна, изнашивание штока, ухудшение смазки.

– **кривошипно-шатунный механизм** (КШМ) – увеличенный зазор в шатунном и коренном подшипниках, ухудшение смазки.

– **корпус компрессора** – ослабление крепления, фундамента.

Для этого измеряют следующие параметры (рис. 13 а, б):

– вибрацию корпуса компрессора (Frame Vibration);

– вибрацию крейцкопфного узла (Crosshead Vibration);

– положение штока (обычно – в вертикальном направлении, иногда – в горизонтальном) (Rod Drop);

– изнашивание штока (Rod Run-Out);

– вибрацию подшипников (Main Bearing Vibration);

– температуру клапанов (Valve Temperature);

– давление в полостях нагнетания (Pressure Volume Curve);

– нагрузку на шток (Rod Loading).

Одним из эффективных методов контроля технического состояния и диагностики поршневых машин (ПМ) является измерение параметров и анализ индикаторной диаграммы [25, 26]. Однако данный метод оказывается эффективным при диагностике двигателей внутреннего сгорания и ПК, компримирующих технологически стабильные газы. Опыт эксплуатации показывает, что ПК, применяемые в производстве водорода в стабильных процессах, которые производят чистый сухой водородосодержащий или другой газ, работают более надежно. В тоже время ПК, работающие в производстве водорода с нестабильными процессами или процессами, которые производят подачу водородосодержащего газа (ВСГ) «влажным» или «загрязненным» (или и то, и другое), имеют тенденцию к более частым возникновениям неисправностей [27].

В этом случае параметры индикаторной диаграммы существенно за-

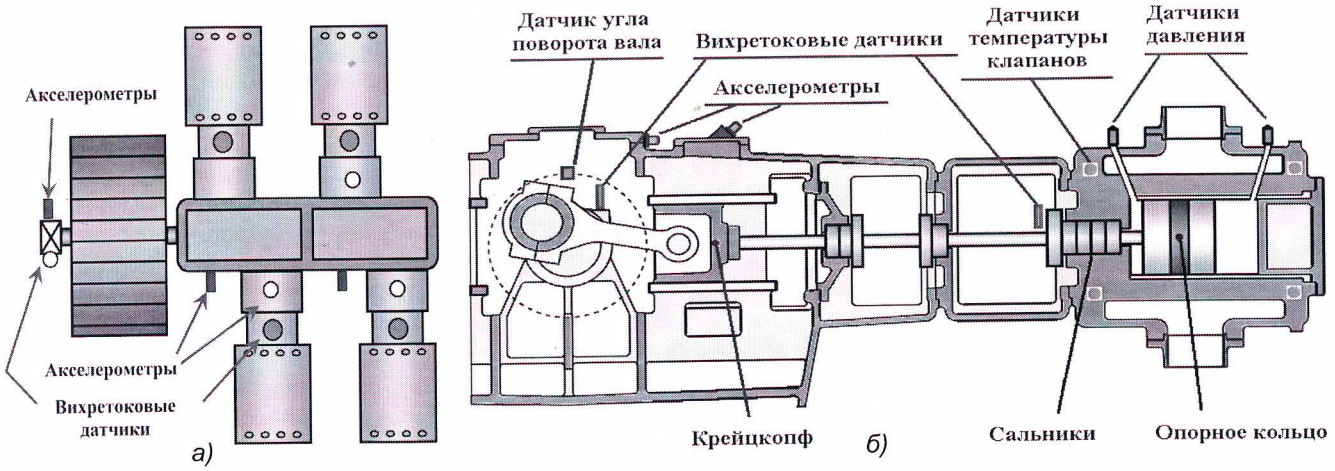

Рис. 13. Установка датчиков на корпусе ПК

висят от свойств газа, характеризуют динамическую нагрузку на узлы и детали, но не в полной мере характеризуют их техническое состояние.

Очевидно, что для ПК, работающих в таких условиях использовать параметры индикаторной диаграммы для диагностирования и контроля изменения ТС можно лишь после обеспечения стабилизации физико-химических свойств газа путем установки сепараторов, каплеотбойников и коалесцеров [16] соответствующей производительности.

Большие объемы ремонтов клапанов ПК и определяющая стоимость их ремонта привели к разработке специальных систем контроля состояния только клапанов [28]. Однако использование подобных средств требует дополнительных затрат как на их приобретение и установку, так и затрат на приобретение и установку дополнительных средств для контроля ТС и диагностики остальных, не менее важных, узлов и деталей ПК.

Попытки создания систем диагностики ТС узлов и деталей ПК [28, 29, 30] приводят к тому, что на практике такие системы оказываются либо избыточными [29] в связи с тем, что предназначены для проведения исследований и испытаний и разрабатывались для использования в лабораторных условиях, либо не обеспечивающими безопасную эксплуатацию ПК [28, 30, 31] в реальных условиях опасных производств, либо позволяющими диагностировать состояние только отдельных узлов и деталей ПК, например, только клапанов [30].

Вибрация корпуса компрессора является одним из основных параметров, по которому сегодня осуществляют противоаварийную защиту ПК. Как правило, повышенный уровень вибрации корпуса свидетельствует о серьезных изменениях в техническом состоянии компрессора, ослаблении крепления, фундамента. При этом большинство систем производит измерение виброскорости [31], хотя ИСО 10816-6 рекомендует измерять три вибропараметра: виброускорение, виброскорость, виброперемещение.

Измерение вибрации крейцкопфного узла осуществляют путем установки акселерометра над ползуном крейцкопфа вертикально или под углом 45° к оси движения ползуна. Основное назначение оценки параметров вибрации – оценка изменения зазора между скользящей поверхностью ползуна и зеркалом направляющей, изменение состояния баббитового слоя, степень изнашивания баббитового слоя. Практический опыт использования измеренной вибрации показал, что в сигнале проявляется и состояние трущихся поверхностей пальца крейцкопфа и вкладышей подшипника, условия смазывания. Оценка вместо СКЗ вибрации амплитудных параметров, которые часто называют «*Impact Monitoring*» или «*Shock Monitoring*», т.е. мониторинг пиковых значений виброускорения («*Impact Factor*», «*Impact Events*») с помощью датчика ударных нагрузок [32, 33, 34], позволила определять такие дефекты и неисправности, как ослабление гайки штока, ослабление болтов, чрезмерный зазор ползуна, изнашивание пальцев и попадание жидкости в процесс сжатия [33].

Принцип измерения «Impact Events»:

1. Датчик регистрирует короткие ударные импульсы (пиковые значения виброускорения);

2. Подсчитывается количество импульсов, превышающих уровень срабатывания в течение заданного временного окна;

3. Временное окно настраивается в зависимости от скорости вращения коленчатого вала по формуле: 960/(частота вращения, мин$^{-1}$);

4. Пороговое значение устанавливается для машин со скоростью вращения (g – ускорение свободного падения):

- около 300 мин$^{-1}$ – 7g;
- около 600 мин$^{-1}$ – 12g;
- около 1200 мин$^{-1}$ – 16g.

В системах PROGNOST [35] используется сегментация временной реализации виброускорения крейцкопфа. Сигнал представлен как функция угла поворота вала и разделен на 36 сегментов через 10 градусов по углу поворота. Каждый из сегментов имеет свой предупредительный уровень и анализируется индивидуально. Сегментация позволяет разделить сигнал и установить соответствие между функционированием отдельных узлов и параметрами сигнала. Необходимость сегментации связана со специфичностью вибросигнала, связанной с высокой виброактивностью отдельных узлов, например, клапанов, энергия вибросигнала от работы которых в несколько раз превышает энергию от работы других узлов ПК [35, 36]. Этот метод был впервые использован в приборе ПАРК-1 [1] и развит в [2, 11, 17].

Большинство ПК, используемых на производствах нефтегазохимического комплекса, являются горизонтальными. Значительный вес КПМ и деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) приводит к существенным нагрузкам на трущиеся детали. Поэтому одной из основных задач диагностики ПК является оценка состояния опорных деталей и поверхностей. Важным узлом ЦПГ является система опорных

колец (rider ring), поскольку их износ приводит к изменению положения штока, что в свою очередь увеличивает нагрузку на газовые сальники, износ которых неизбежно приведет к пропуску взрывопожароопасного газа. С целью оценки состояния опорных колец измеряют положение штока – вертикальное отклонение от первоначального состояния, а иногда и горизонтальное смещение, что позволяет строить орбиту движения штока. Одними из первых такое решение предложили специалисты Bently Nevada в середине 90-х годов прошлого века, назвав его измерением положения штока – «Rod Drop» (буквально – «падение штока) [31, 37, 38].

Используя датчик относительной вибрации (вихретоковый датчик), можно измерить отклонения положения штока в вертикальной (Y) и горизонтальной (X) осях (рис. 14 *а*). Наибольшей информативностью обладают сигналы с датчиков, установленных со стороны полости нагнетания [38]. Однако, некоторых случаях для повышения глубины диагностирования устанавливают датчики и со стороны ползуна (рис. 14 *б*) [38].

Измерение положения штока (rod drop) – это процесс измерения абсолютного значения величины расстояния между поверхностью штока и датчиком в вертикальном направлении (для горизонтальных машин).

Измерение пикового значения сигнала с датчиков позволяет оценить состояние, чаще всего, опорных, а иногда и других колец поршня. Изменение состояния баббитового слоя крейцкопфа также будет отражаться на параметрах, в основном, сигнала с датчика, установленного со стороны ползуна (рис. 14 *б*). Основным инструментом анализа сигнала является анализ орбит движения штока, что, вообще говоря, сложно поддается автоматизации. Наиболее развитые системы используют анализ амплитуды отклонения штока (абсолютное перемещение) в 36 сегментах по углу поворота вала (через каждые 10 градусов), что позволяет оценить изнашивание сопряженных поверхностей и увеличение зазора в деталях ЦПГ. Переменную составляющую сигнала анализируют в 8 сегментах – через 45 градусов угла поворота вала [35, 36], что дает возможность оценить степень повреждения колец, состояние ползуна крейцкопфного узла, заброс конденсата в полость нагнетания.

Кроме того измерение динамики (по углу поворота вала) изменения положения в вертикальной (Y) и горизонтальной (X) осях (рис. 2 *а*) позволяет оценить соосность ползуна крейцкопфа и поршня. Этот тип измерений называют «Rod Run Out» или «Rod Deflection» [39, 40].

Вследствие особенностей сопряжения крейцкопфа с головкой шатуна, тепловых расширений допуски на изменение положения штока в вертикальном направлении больше, чем в горизонтальном. Так, пиковое значение отклонения штока в вертикальном направлении обычно лежит в пределах от 90 мкм до 150 мкм, а в горизонтальном – от 40 мкм до 50 мкм [39].

Вихретоковые датчики устанавливают и для мониторинга состоянии подшипников скольжения как самого компрессора, так и двигателя (рис. 15) [31]. Что позволяет получить орбиту движения вала и по ней оценить состояние смазочного слоя, изнашивание вкладышей. Альтернативой вихретоковым датчикам является установка акселерометров, сигнал с которых имеет достаточно информации о состоянии смазки, изнашивании вкладышей, о динамических нагрузках на КШМ [41].

В поршневых компрессорах используются самодействующие клапаны, которые открываются при возникновении перепада давления. Когда элементы и детали клапана начинают повреждаться, то возникает пропуск газа. Это заставляет газ повторно сжиматься, что приводит к его нагреву. Различие температуры клапанов или газа в полостях сжатия и нагнетания (рис. 16) от 4 до 20 °С указывает на проблемы с клапанами.

Нагрузка на шток (Rod Loading) – это сила, которая связана с площадью поверхности поршня и давлением в цилиндре с учетом давления в обеих полостях нагнетания и сил инерции, – является важным параметром безопасной эксплуатации ПК. Кривую нагрузки штока получают путем построения изменения величины вектора суммарной силы по углу поворота вала. Для обеспечения адекватного смазывания пальца крейцкопфа вектор нагрузки на него должен изменять направление за один оборот вала, что должно приводить к проворачиванию пальца крейцкопфа. Несбалансированная нагрузка приводит к проблемам смазки пальца крейцкопфа и его преждевременному изнашиванию. В английской литературе этот процесс имеет название «Rod Reversal». Согласно API Std 618 [39] Rod Reversal (обратный ход штока): величина, измеренная в градусах оборота коленчатого вала, между каждым изменением знака кривой суммарной силы, нагружающей шток. Этот же стандарт рекомендует, чтобы «продолжительность этого

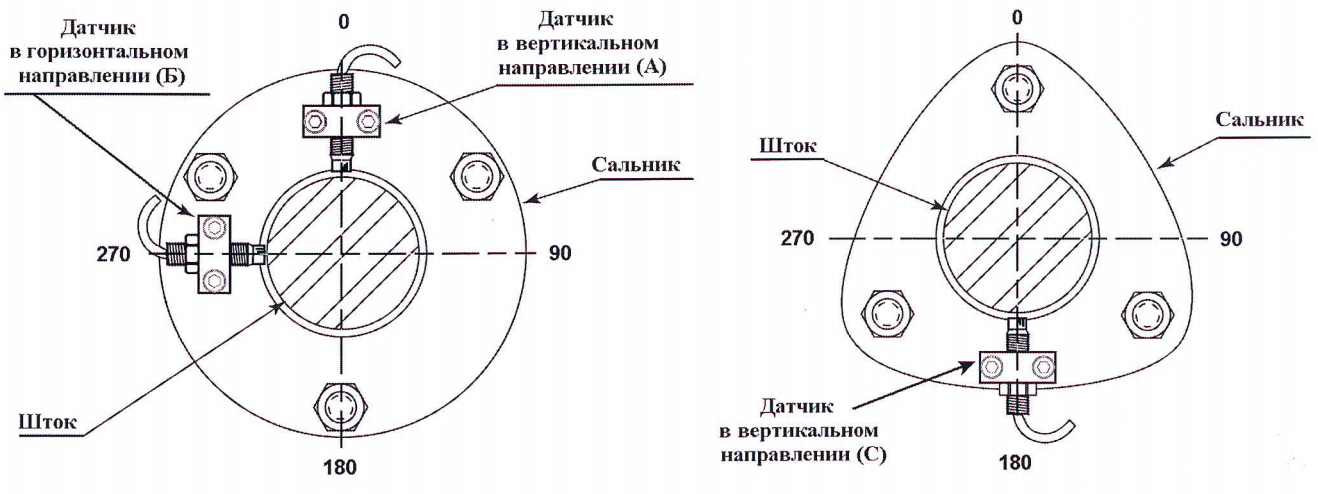

Рис. 14. Способы установки датчиков положения штока

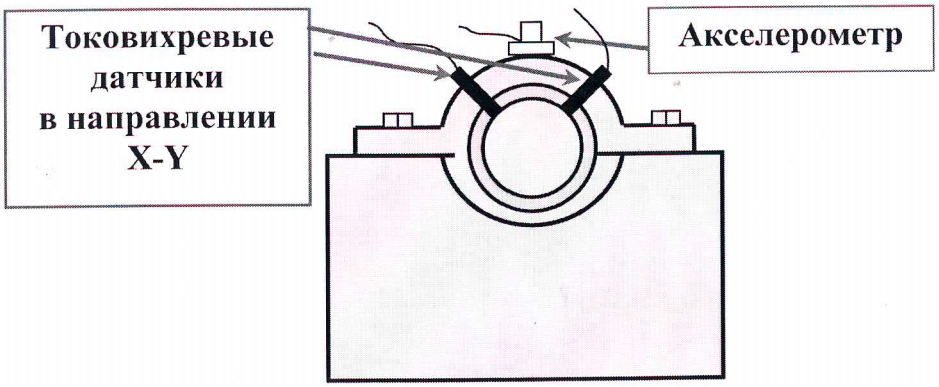

Рис. 15. Измерение вибрации подшипников

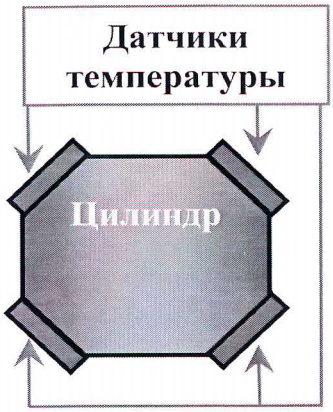

Рис. 16. Измерение температуры клапанов

Таблица 4.

Физические величины и их параметры, измеряемые системами мониторинга ПК

Сигнал	Параметр
Вибрация	
Крейцкопф (Виброускорение)	СКЗ (36 сегментов); Impact factor
Корпус (Виброскорость)	СКЗ (1 оборот вала)
Подшипник (Виброускорение)	СКЗ (36 сегментов); Impact factor
Положение (Вихретоковый датчик)	
Положение штока	Пик-пик (8 сегментов)
Орбита движения вала	Пик-пик (1 об. вала)
Осевая нагрузка	Среднее
Давление в полости нагнетания	
Индикаторная диаграмма	Пик-пик (1 об. вала)
Давление всасывания / нагнетания	Пик-пик (1 оборот вала)
Температура	
Подшипник	Среднее
Впускные клапаны	Среднее
Нагнетательные клапаны	Среднее
Сальники	Среднее
Баббит крейцкопфа	Среднее
Газ на приеме	Среднее
Газ на выкиде	Среднее

обратного хода должна быть не меньше 15 градусов угла поворота коленчатого вала, а величина суммарной обратной нагрузки должна быть не менее 3% фактического суммарной нагрузки в противоположном направлении». Некоторые изготовители ПК предъявляют еще более жесткие требования.

Второй проблемой является усталостная прочность. Повышенные динамические нагрузки приводят к накоплению усталостных повреждений, сокращению ресурса штока и его деформации или преждевременному разрушению.

Давление в полостях нагнетания измеряют с учетом углового положения вала (рис. 13 *б*), а силы инерции учитывают путем расчета по величине веса и скорости возвратно-поступательного и вращательного движения масс.

Таким образом, в настоящее время в большинстве случаев датчики устанавливаются в местах, указанных на рисунке 13 *б*, при этом системы измеряют сигналы и параметры, приведенные в таблице 4 [35, 42].

Продолжение в следующем номере.

Библиография

28. Франчик С. Система мониторинга и анализа работы клапанов поршневых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. 2005. № 5. С. 4–6.

29. Автоматизированная система измерений, накопления и обработки данных при испытаниях поршневых компрессоров / П.И. Пластинин, Т.С. Дегтярева, В.А. Светлов, А.В. Сячинов // Компрессорная техника и пневматика. 1997. № 3–4 (16–17). С. 12–14.

30. Рябцев А.Н. Решения фирмы «Хербигер» для поршневых компрессоров при производстве сжатых газов // Компрессорная техника и пневматика. 2002. № 7. С. 16–18.

31. Reciprocating Compressors. Field Application Note. Reliability Direct, Inc. Url: http://www.reliabilitydirect.com/appnotes/recipapp.html (дата обращения 14.01.2009).

32. Applications: Reciprocating Compressors. Metrix Instrument Co. Houston. Texas. Url: http://www.metrix1.com/Applications/Reciprocating Compressors.aspx (дата обращения 15.01.2009)

33. Impact Monitoring Application Note / «Metrix Instrument Co". – Houston, Texas // http://www.metrix1.com/docs/Impact Monitoring App Note.pdf (дата обращения 15.01.2009).

34. Ingrid M. Saarem, P.E. OK Limits for Impact Events // USA: GE Energy, Orbit, Vol.25, No.2, 2005. Pp. 32–33

35. Asset Performance Management for Reciprocating Compressors and Pumps // PROGNOST Systems GmbH, 2008. 28 p.

36. Hastings M., Schrijver J. Метод эффективного мониторинга работы поршневых компрессоров в установках для производства сжиженного природного газа // LNGjournal. September. 2007. 5 с.

37. Barnes M. Using a Rod Drop Monitor to prevent cylinder and piston/rod repair // USA: Bently Nevada Corporation. Orbit. 1999. 1st Quarter. Pp. 11–12.

38. Howard B. How Piston Rod Vibration Signaled a Reciprocating Compressor Problem // USA: Bently

В ОАО «СВЕТ» ВНЕДРЕНА ERP-СИСТЕМА «ГАЛАКТИКА» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТАМИ

На стекольном заводе ОАО «Свет» внедрена ERP-система «Галактика» для автоматизации управления ремонтами. Внедрение выполнил партнер корпорации – ООО «Проекты и решения» (г. Набережные Челны). Информационная система «Галактика ERP» используется на предприятии как в целом для оптимизации управленческой деятельности, так и для рационального управления материально-производственными запасами в частности.

Решение об инициации проекта по совершенствованию деятельности средствами «Галактика ERP» было принято в начале III квартала 2008 г. Цель проекта – повышение эффективности процессов планирования и фактического учета ремонтов основных средств финансовой и экономической службами предприятия.

Для проведения аудита, выработки решений, моделирования, эффективного развертывания системы с минимизацией рисков ОАО «Свет» пригласил в качестве соисполнителя работ и внешнего консультанта компанию «Проекты и решения» (г. Набережные Челны).

Первый этап проекта был успешно реализован спустя полгода. В результате было автоматизировано управление техническим обслуживанием и ремонтом комплекса оборудования ванной печи №1. Были увеличены количественные показатели по формированию базы каталога объектов ремонта и каталогов нормативно-справочной информации для реализации последующих этапов проекта. А еще более важными стали приобретенные знания, самостоятельность и достигнутый качественный результат по формированию команды – инициативной группы из специалистов технической, финансовой и ИТ-служб ОАО «Свет».

ERP-система позволила вести реальный контроль планируемых и фактических расходов на ремонты в разрезе объектов и видов ремонта. Стало очевидным, что система автоматизации «Галактика ERP» будет являться эффективным инструментом в решении следующих задач: планирование ремонтов с разными горизонтами: месяц, квартал, год и т.д.; учет затрат на выполненные работы; анализ обеспеченности ремонтов материальными и трудовыми ресурсами; анализ выполнения ремонтов с возможностью формирования различных отчетов; ведение журналов регистрации простоев оборудования и выявления дефектов; мониторинг состояния объектов ремонта и др.

С марта 2009 г. реализация проекта началась во всех подразделениях ОАО «Свет». В ходе внедрения ERP-системы «Галактика» произошел переход от нескольких параллельных систем учета ремонтов к использованию единой информационной системы на базе «Галактика ERP». Это позволило более равномерно распределять нагрузку на исполнителей, исключая ведение учета ремонтов в ранее существовавших системах (заполнение журналов, отчетов на бумажных носителях или в электронном виде).

www.mashportal.ru

Nevada Corporation. Orbit. 2001. 3st Quarter. Pp.11–17.

39. API Standard 618. Fifth Edition (2007). Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services. // American Petroleum Institute. Washington. D.C.

40. Howard B. Rod Load Calculations and Definitions for Reciprocating Compressor Monitoring. GE Energy. ORBIT. 2008. Vol.28. No.1. Pp. 28–31.

41. Reciprocating Compressors. STI Field Application Note // http://www.stiweb.com/appnotes/recipapp.htm – 14.01.2009

42. Condition Monitoring Solutions for Reciprocating Compressors // GEA-14927 rev. NC (08/07). General Electric Company. 2007. 12 p.

43. On-Line Reciprocating Compressor Monitoring Instrumentation // Technical Application Note. DM3021-EN. SKF. 2002. 8 p.

44. HydroCOM: High energy savings and excellent controllability // Technical Application Note: AKT2CON001-BE200802. Switzerland. HOERBIGER. 2008. 8 p.

45. RecipCOM – The new generation: Diagnostics, protection and therapy for your reciprocating compressor //Technical Application Note: AKT2MON002-BE200906. Switzerland. HOERBIGER. 2009. 8 p.

46. SafeCOM – Protection and safeguarding of reciprocating compressors // Technical Application Note: AKT2MON003BE200703. Switzerland. HOERBIGER. 2007. 2 p.

47. ValCOM: The energy-saving system for use with PET compressors // Technical Application Note: AKT2CON003BE200811. Switzerland. HOERBIGER. 2008. 4 p.

48. Гриб В.В., Жуков Р.В. Анализ виброакустических характеристик поршневых компрессоров // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2001. №1. С. 40–42.

49. Гриб В.В., Жуков Р.В. Особенности спектральной вибродиагностики поршневых компрессорных машин // Компрессорная техника и пневматика. 2001. № 8. С. 30–32.

50. Гриб В.В., Соколова А.Г., Еранов А.П., Давыдов В.М., Жуков Р.В. Анализ современных методов диагностирования компрессорного оборудования нефтегазохимических производств // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2002. №10. С. 57–65

АПРЕЛЬ № 2 ▪ 2010

ТОиР

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

Управление ТОиР

ТО ориентированное на надежность

Модернизация и ремонт

Современные методы ремонта трубопроводов

Зарубежный опыт

Новые концепции технического обслуживания оборудования

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОФИ
Евгений Преин:
«Основной целью развития ТОиР на предприятии определено именно развитие диагностики» 2

УПРАВЛЕНИЕ ТОиР
Переход к техническому обслуживанию оборудования, ориентированному на надежность 5

Организация ТОиР технологического оборудования на предприятиях машиностроения.
Негативные моменты в реализации и варианты их преодоления 8

Управление ТОиР: стратегия эффективного планирования 12

ДИАГНОСТИКА
Современные методы и средства мониторинга состояния и диагностики поршневых компрессоров 16

Цели и задачи технического диагностирования трубопроводной арматуры 23

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
Эксплуатация и сервис электропривода на производстве 28

Термоабразивная очистка: достоинства и недостатки 34

МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕМОНТ
Современные методы ремонта трубопроводов 37

Восстановление деталей машин и оборудования клеевыми составами 42

С.О.Ж.
Проблемы и перспективы усовершенствования состава смазочных композиций с добавками 49

Сравнительные характеристики различных способов смазки подшипников 54

ОБЗОР РЫНКА
Обзор двухканальных виброанализаторов 58

ИНФРАСТРУКТУРА
Инженерные системы зданий.
Техническое обслуживание и ремонт 61

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ
Новые концепции технического обслуживания оборудования 64

НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ
Трудоемкость к базовым ценам на работы по ремонту компрессорных установок 67

Базовые цены на работы по ремонту насосов, опор и соединительных муфт вращающихся механизмов 72

ЖУРНАЛ

«ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ»

№ 2 / 2010

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 35678 от 19 марта 2009 года.

Издатель:
ООО «Агентство экономической и правовой информации «ЭРА»

Почтовый адрес:
129337, Москва, а/я 54.

Главный редактор
Андрей Алексеев.
Тел: +7 (495) 769-05-87
E-mail: toir-info@mail.ru

Журнал распространяется по подписке во всех почтовых отделениях связи по каталогам:
«Роспечать» – индекс 47171
«Пресса России» – индекс 42375

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в рекламных материалах.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей.

Редакция оставляет за собой право вносить изменения и сокращения в текст и названия статей.

НТБ
НПЦ "ДИНАМИКА"