

**ГЕРВИКОН  
HERVICON**



**ЭККОН  
ЕККОН**



**6 - 9 сентября 2011, СумГУ, г. Сумы, Украина**

*XIII Международная научно-техническая конференция "ГЕРВИКОН-2011"*

*Международный форум "НАСОСЫ-2011"*

*Семинар "ЭККОН-11"*

## **СИСТЕМА ДИАГНОСТИКА И ЗАЩИТЫ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ ТЕХПРОГНОЗ 2210**

**Устенко А.Н.<sup>1</sup>**

### **АННОТАЦИЯ**

*В настоящем докладе описывается система защиты и диагностики поршневых компрессоров ТЕХПРОГНОЗ 2210, используемая аппаратура, применяемые датчики, программное обеспечение, программный комплекс, организация рабочих мест.*

ООО «Комдиагностика», на основе проведенных опытных работ и консультаций со специалистами производителями, а также с производителями поршневых компрессоров, разработало систему защиты и диагностики поршневых компрессоров *KD 2210 ТЕХПРОГНОЗ*. В виду сложности на сегодняшний день создать полностью достоверную экспертную систему автоматизированной диагностики агрегата, за основу при создании аппаратно-программного комплекса заложен принцип комплексного мониторинга технического состояния.

Аппаратура диагностического мониторинга и контроля состояния технологического оборудования *KD 2210 ТЕХПРОГНОЗ* (далее по тексту - аппаратура) информирует эксплуатирующий персонал о необходимости принятия мер по превышению заданных уставок тревог на агрегате или резко нарастающего изменения одного из контролируемых параметров компрессора:

- температура шеек коренных подшипников;
- температуры вкладышей шатуна;

---

<sup>1</sup> Устенко Александр Николаевич, Председатель совета директоров ООО «Комдиагностика», Алтурьевское шоссе, д.41, стр. 2, 127566, г. Москва, Россия.

- контроль ударных нагрузок кресткопфа;
- давление в камере нагнетания;
- температуры клапанных крышек;
- общее состояние вибрации на ответственных узлах.



Также аппаратура позволяет подключать дополнительные датчики контроля параметров по желанию заказчика, например контроль износа частей кривошипно-шатунного механизма, положения штока поршня и другие параметры технического состояния агрегата. Типовая схема расположения датчиков показана на рисунке 1. Примеры установки датчиков на компрессоре показаны на рисунке 2.

В зависимости от срабатывания уставок и дополнительных управляющих сигналов, например от АСУ ТП по дискретным входам, аппаратура формирует и выдает команды на исполнительные устройства агрегатной автоматики. Аппаратура имеет связь с оборудованием САУ по стандартным протоколам связи RS232, RS485, Ethernet на нижнем или верхнем уровне.

## ОПИСАНИЕ АППАРАТУРЫ

### Датчик ударных нагрузок

Датчик ударных нагрузок 649A01 - новая технология защиты поршневых машин (рис. 3). Монтаж датчика на компрессор показан на рисунке 4.

Основные преимущества:

- Эффективная защита.
- Надёжность.

- Простота монтажа.
- Интуитивно-понятные настройки.
- Обработка сигнала в датчике.
- Предупреждение серьёзных поломок больших поршневых машин.
- Контроль «расшатанности» соединений поршень-шток-крейцкопф.
- Количественная оценка развития дефектов.

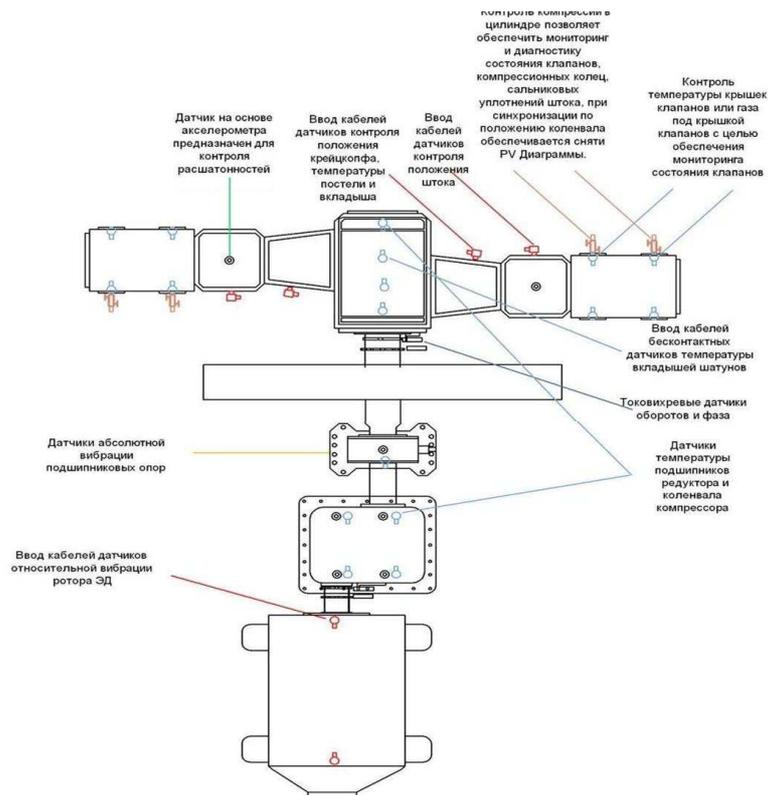


Рисунок 1 - Типовая схема расположения датчиков на агрегате



Рисунок 2



Рисунок 3 - Датчик ударных нагрузок 649A01

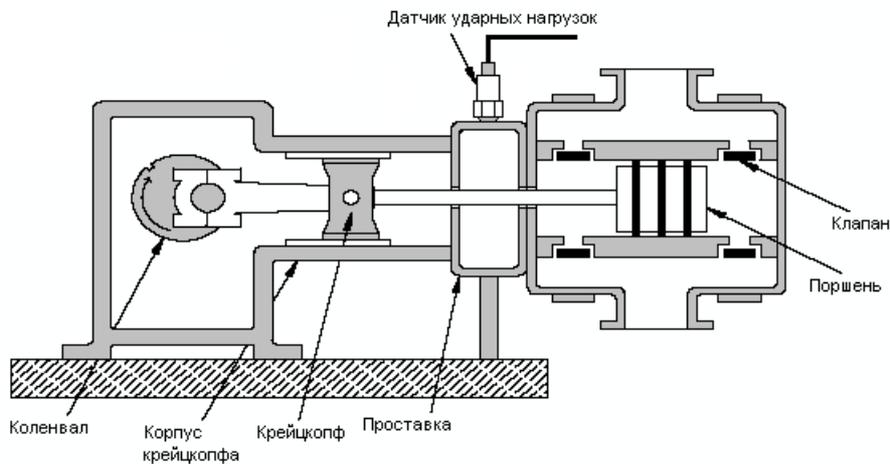


Рисунок 4 - Монтаж датчика на компрессор

Датчик регистрирует короткие ударные импульсы (пиковые значения виброускорения). Подсчитывается количество импульсов, превышающих уровень срабатывания в течение заданного временного окна. Временное окно настраивается в зависимости от скорости вращения коленвала. Пороговое значение устанавливается для машин со скоростью вращения:

- a. около 300 об/мин – 7g;
- b. около 600 об/мин – 12g;
- c. около 1200 об/мин – 16g.

и может подстраиваться по мере накопления статистики работы машины. Выходной токовый сигнал 4-20мА отражает количество превышений порогового уровня ударных импульсов в течение временного окна. Регистрирующая система (АСУ ТП) настраивается на три состояния агрегата:

- a. норма;
- b. предупреждение;
- c. авария.

### **Система беспроводного контроля температуры**

Основные достоинства беспроводной системы контроля температуры:

- Инновационное сочетание технологии SAW (Surface Acoustic Wave - Поверхностная Акустическая Волна) и радарной технологии.
- Быстрый и адекватный отклик на изменение температуры.
- Значительное уменьшение риска тяжёлых повреждений машины.
- Гибкая и компактная установка.
- Никакой электроники в сенсоре.
- Высокая стабильность работы сенсоров.

*Условия эксплуатации.*

Беспроводный температурный сенсор и стационарная антенна устанавливаются внутри картера и рассчитаны на эксплуатацию в условиях масляных брызг, высоких температур вибрационных воздействий (рис 5).

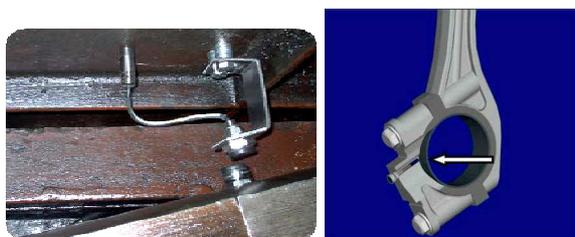


Рисунок 5 - Беспроводный датчик температуры

### **Датчики контроля температуры клапана, коренных подшипников и корпуса сальника (рис.6)**

За счёт контроля абсолютных температур клапанов и разницы температур между группами клапанов можно на ранней стадии обнаруживать неисправности клапанов и устранять их прежде, чем начнет падать КПД.

➤ Измерение температуры коренных подшипников выявляет проблемы, связанные с гидродинамическими подшипниками скольжения, включая перегрузку, усталость подшипника или недостаточную смазку.

➤ Непрерывный мониторинг температуры корпуса сальниковой камер даёт полезную информацию о возникновении проблем, связанных с сальником, включая чрезмерный износ, недостаточное охлаждение и ненадлежащую смазку.

Возможна установка датчиков температуры на другие части компрессора для обеспечения контроля дополнительных параметров, таких как

температура всасываемого и нагнетаемого газа, температура башмака крейцкопфа и др.



Рисунок 6 - Датчики температуры

#### **Датчик виброускорения крейцкопфа и виброскорости станины KD6407.**

Смонтированный на крейцкопфе акселерометр (рис 7) может обнаруживать неисправности машины, обусловленные такими событиями ударного типа, как ослабление крепления крейцкопфа, всасывание жидкости в цилиндр или чрезмерный зазор во втулке поршневого пальца.



Рисунок 7 - Датчик вибрации KD 6407

Увеличение вибрации станины может указывать на такие неисправности, как дисбаланс, обусловленный необычным перепадом давлений или инерционным дисбалансом, ослаблением крепления к фундаменту (например, разрушением цементного раствора или регулировочных прокладок) и большими моментами из-за чрезмерной нагрузки на шток.

#### **Датчик давления в цилиндре**



Рисунок 8 - Датчик давления

Датчик давления (рис. 8) в цилиндре характеризуется надежной конструкцией и предназначен для работы в агрессивной химической среде и других экстремальных промышленных условиях. Уникальная

запатентованная конструкция позволяет датчику работать продолжительное время под воздействием высокого циклично изменяющегося давления, без потери точности измерений.

Помимо этого датчик способен выдерживать давления, превышающие диапазон его работы, без ухудшения характеристик и возвращаться к нормальной работе, когда значение давления в пределах рабочего диапазона.

Датчик соответствует требованиям взрывозащиты NEMA 4X и пылевлагозащищенности IP67.

### **Программное обеспечение**

При разработке программно-аппаратного комплекса ТЕХПРОГНОЗ 2210 компания ООО «Комдиагностика» ставила перед собой следующую цель - разработать максимально удобный инструмент прикладных программ для непрерывного мониторинга, диагностики поршневого насосно-компрессорного оборудования, анализа событий, в котором используются регистрируемые данные о событиях с целью оперативного выявления скрытых и явных дефектов на работающем оборудовании.

Данный инструмент одинаково полезен как специалистам по вибродиагностике, так и заводским службам, отвечающим за правильную и безопасную эксплуатацию насосно-компрессорного оборудования на предприятии.

При наличии такого инструмента решаются следующие задачи:

- ✓ выявляются скрытые дефекты работы нового оборудования в период его гарантийной работы;
- ✓ оперативно диагностируется текущее состояние оборудования, что позволяет корректировать его межремонтный интервал;
- ✓ определяются потенциально опасные факторы эксплуатации оборудования, способные привести к его разрушению.

*Основными составляющими программно-аппаратного комплекса являются следующие компоненты:*

- набор диагностических датчиков (перечень точек контроля и их количество определяется исходя из требований заказчика);
- контроллер сбора данных (период опроса до 75 кГц по каждому каналу);
- сервер для сбора, обработки, хранения и отображения информации;
- клиентские места для удаленной работы с системой (количество клиентских мест определяется заказчиком).

Программный комплекс состоит из нескольких компонентов:

- сервер сбора и обработки информации (сервер баз данных, сервер обработки информации, сервер для хранения информации);
- клиентское ПО (станции оператора, механика, инженера).

- Сервер сбора и обработки информации реализует следующие функции:
- сбор технологических и диагностических параметров с контроллеров сбора данных и сторонних внешних систем;
  - математическая и диагностическая обработка полученных данных
  - автоматическое формирование аварийных сообщений и диагностических решений по заданным пользователями сценариям;
  - предоставление пользователям обработанных и сырых данных, в соответствии с политикой доступа к данным;
  - взаимодействие с внешними системами;
  - архивирование и долгосрочное хранение полученных данных.

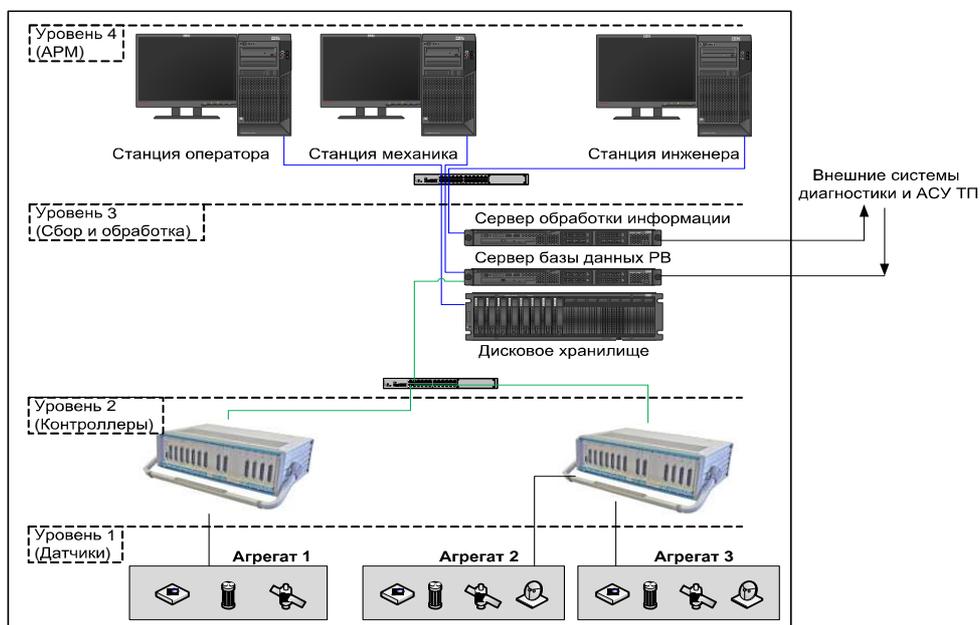


Рисунок 9 - Структура комплекса «Техпрогноз» на 3 агрегата

На клиентские рабочие места устанавливается специализированное ПО, которое выполняет следующие функции:

- отображение информации о текущем состоянии контролируемых параметров в виде цифровых значений и упрощенной цветовой индикации;
- отображение информации о текущем состоянии контролируемых параметров в виде архивных трендов;
- сохранение аварийных, предупредительных и диагностических сообщений в журнале событий;

- установка и редактирование пользователем аварийных и предупредительных границ по всем контролируемым параметрам;
- обеспечение пользователя инструментом для сравнения и оценки работы агрегата;
- ведение пользователем учета внештатной работы агрегатов.

На рисунке 10 представлено основное рабочее окно, в котором отображаются агрегаты, контролируемые программным обеспечением.

Помимо основной мнемосхемы агрегата в программе есть возможность просматривать состояние агрегата с точки зрения диагностики. Для удобства пользователя диагностические состояния агрегата и его элементов представлены в виде цветовой сигнализации. При возникновении диагностического события определенная область агрегата окрашивается в один из следующих цветов (рисунок 11):

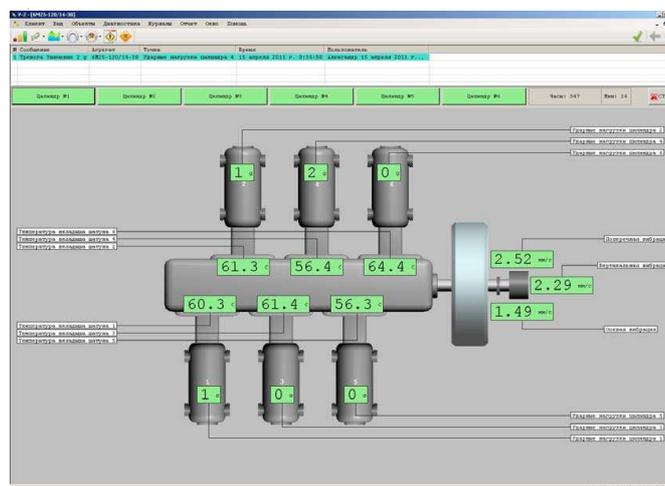


Рисунок 10 - Рабочее окно контроля ПК

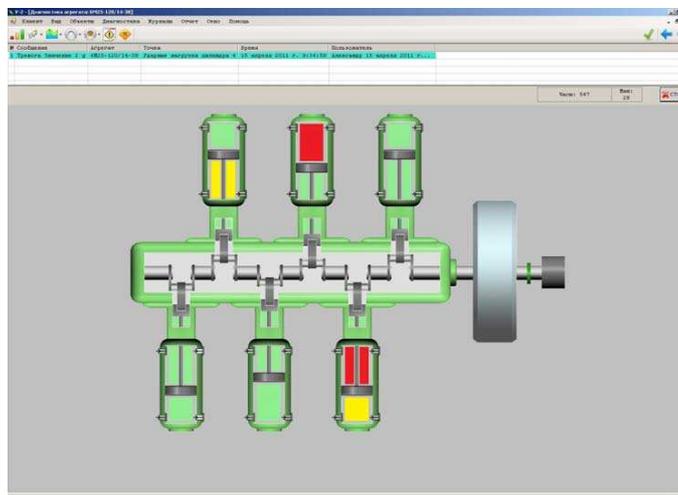


Рисунок 11 - Окно текущих параметров

- белый (агрегат не работает);
- зеленый (агрегат работает, все контролируемые параметры в норме);
- желтый (агрегат работает, есть предупредительная сигнализация по контролируемым параметрам);
- красный (агрегат находится в аварийном состоянии)

У пользователя есть возможность самостоятельно настроить перечень параметров, который необходимо отображать на мнемосхеме внешнего вида, а также выставить предупредительные и аварийные границы, при которых каждый параметр принимает соответствующее состояние.

Конфигуратор программы позволяет расположить мнемосхему и каждый параметр на произвольном месте экранной формы, по желанию пользователя.

Для отслеживания изменения параметра во времени, пользователь может открыть архивный тренд за требуемый промежуток времени. Перемещая курсор по графику пользователь может узнать значение измеренной переменной в конкретный момент времени, рисунок 12.

Для одновременного сравнения нескольких параметров пользователь может просмотреть исторически тренд одновременно до 8-ми параметров.

В программный пакет включен журнал механика, который позволяет в удобном виде вести и отслеживать наработку (в моточасах) всех элементов агрегата. Поэлементная детализация может быть любой от типа смазки, до номера агрегата.

При достижении каждого элемента наработки уставленных значений, в журнале событий появляется сообщение о необходимости проведения каких-либо работ (проверка / замена / ремонт), рисунок 13.

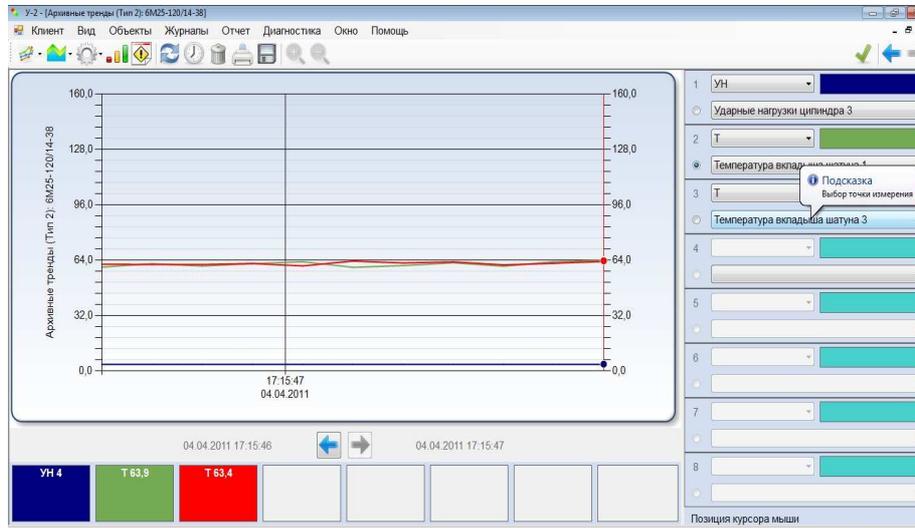


Рисунок 12

№	Сообщение	Архивированный	Время	Пользователь
17	Обрыв Значение 4 g	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
18	Обрыв Значение 60.8 C	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
19	Обрыв Значение 4.00 мм/с	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
20	Обрыв Значение 4 g	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
21	Обрыв Значение 4.90 мм/с	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
22	Обрыв Значение 62.9 C	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
23	Обрыв Значение 4.20 мм/с	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
24	Обрыв Значение 5.00 МПа	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
25	Обрыв Значение 63.2 C	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
26	Обрыв Значение 5.10 МПа	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
27	Обрыв Значение 6.30 МПа	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
28	Обрыв Значение 6.80 МПа	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
29	Обрыв Значение 5.10 мм/с	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
30	Обрыв Значение 4.30 мм/с	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
31	Обрыв Значение 6.30 МПа	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
32	Обрыв Значение 4.30 мм/с	Нет	4 апреля 2011 г. 14:39:33	Александр
33	Тревога	Нет	4 апреля 2011 г. 17:11:58	Александр
34	Авария	Нет	4 апреля 2011 г. 17:11:58	Александр
35	Тревога	Нет	4 апреля 2011 г. 17:11:58	Александр
36	Авария	Нет	4 апреля 2011 г. 17:11:58	Александр
37	Тревога	Нет	4 апреля 2011 г. 17:12:47	Александр
38	Авария	Нет	4 апреля 2011 г. 17:12:48	Александр
39	Тревога	Нет	4 апреля 2011 г. 17:12:47	Александр
40	Авария	Нет	4 апреля 2011 г. 17:12:47	Александр
41	Тревога	Нет	4 апреля 2011 г. 17:13:41	Степанов
42	Авария	Нет	4 апреля 2011 г. 17:13:41	Степанов
43	Тревога	Нет	4 апреля 2011 г. 17:13:41	Степанов
44	Авария	Нет	4 апреля 2011 г. 17:13:41	Степанов

Рисунок 13

Экран статистики позволяет моментально определить параметры, по которым возникали внештатные ситуации. Указывается тип внештатной ситуации, время возникновения данной ситуации и тип замера отображается одним из цветов: серым (обрыв), зеленым (параметр в норме), желтый (превышение предаварийной уставки), красный (превышение аварийной уставки).

В программе можно сформировать следующие отчеты текущий, сменный, часовой, настраиваемый.

Перечень параметров и диапазон времени в каждом из отчетов настраивается один раз индивидуально. Все отчеты могут быть просмотрены и отредактированы в офисном пакете MS Excel.

Для построения индикаторной PV диаграммы (кривая зависимости давление-объем), которая является одним из основных инструментов диагностики работы поршневого насосно-компрессорного оборудования, достаточно выбрать агрегат и указать номер цилиндра, рисунок 14 .

Применяемые в системе технические решения и оборудование имеют соответствующие сертификаты и разрешения на применение, а измерительные приборы внесены в госреестр измерительных средств России.

Таким образом, на сегодняшний день можно говорить о создании недорогой и достаточно достоверной системы защиты и диагностики технического состояния поршневых компрессоров.

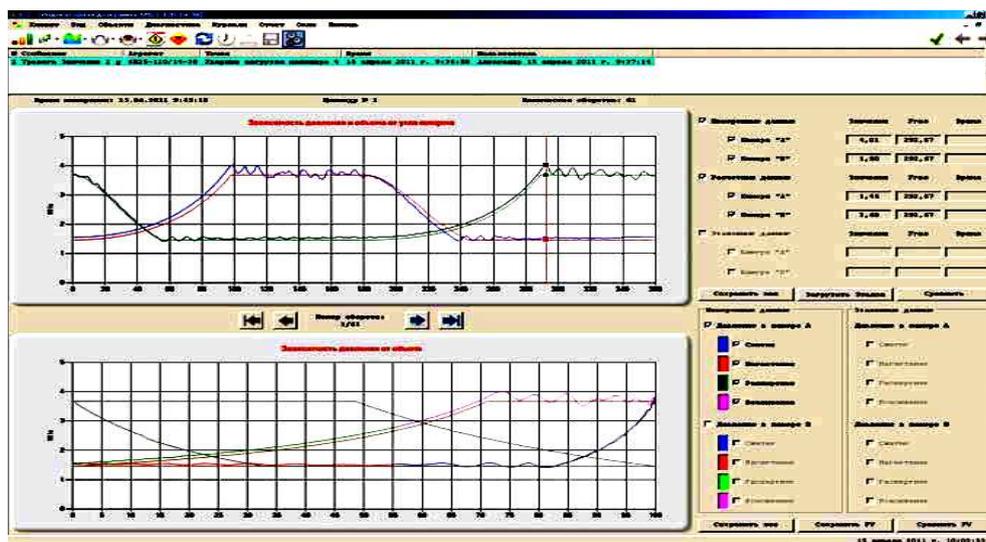


Рисунок 14

## **ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК**

1. Сафин А.Х. Тенденции в технико-экономической структуре производства и развитии компрессорного оборудования.- Компрессорная техника и пневматика. 2002. №2. С.4-9.
2. Пластинин П.И. Поршневые компрессоры. Том.1. Теория и расчет / 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос, 2000. - 456с
3. ООО НПП "Механик" Компрессоры - Особенности технической диагностики поршневых компрессоров.