

УДК 621.512(075.8)

А.Н. Устенко, С.И. Гусаченко

ООО «Комдиагностика Украина», ул. Е. Пчелки, 2Б, офис 61, г. Киев, Украина, 02081

e-mail: info@komdiagnostika.com.ua

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И ЗАЩИТЫ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ «ТЕХПРОГНОЗ 2210»

Поршневые компрессоры широко используются в непрерывных технологических циклах производства или применения технических газов. Поэтому к ним предъявляются жёсткие требования по обеспечению высокой эффективности и надёжности в течение длительного срока эксплуатации. Для достижения этой цели предлагается использовать разработанную компанией «Комдиагностика» систему диагностики и автоматической защиты компрессоров «Техпрогноз 2210». Система позволяет после установки высокочувствительных и малоинерционных датчиков на компрессорный агрегат вести наблюдение, сбор данных о его состоянии, распознавание и предотвращение возможных аварий. Система «Техпрогноз 2210» для выполнения этих функций имеет свой комплект прикладных программ.

Ключевые слова: Поршневой компрессор. Эффективность. Надёжность. Диагностика. Мониторинг.

A.N. Ustenko, S.I. Gusachenko

SYSTEM OF DIAGNOSTIC AND PROTECTION «TEKHPROGNOZ 2210» PISTON COMPRESSORS

Piston compressors are widely used in continuous technological cycles, production or use of industrial gases. Therefore, it are presented stringent requirements for providing high efficiency and reliability for a long period of operation. System diagnostics and automatic protection of compressors, «Tehprognoz 2210» developed by «Komdiagnostika» is proposed to use for achieves this objective. After installation of highly sensitive and fast-response sensors, the system allows to monitor on the compressor unit, collect data about its status, recognition and prevention of possible accidents. The system «Tehprognoz 2210» to carry out these functions has its own set of applications.

Keywords: Piston compressor. Efficiency. Reliability. Diagnosis. Monitoring.

1. ВВЕДЕНИЕ

В мировой структуре производства компрессорного оборудования 40-50 % от его общего выпуска приходится на поршневые компрессоры. В странах СНГ их доля существенно выше — она составляет около 80 % [1]. При эксплуатации компрессоров из всего набора его показателей следует выделить их энергетическую эффективность и надёжность [2].

Обеспечить достижение поставленных целей возможно только при условии применения современных систем непрерывного мониторинга и диагностики состояния поршневых компрессоров с дальнейшей их автоматической защитой от аварии. Необходима также разработка правил действия персонала по предотвращению аварийных ситуаций на основе информации, предоставляемой указанными системами.

При проведении работ по оснащению производств указанными системами необходимо учитывать, что на многих предприятиях оборудование сильно из-

ношено. В таких условиях необходимо обнаружить дефект на ранних стадиях, отследить его развитие и не допустить аварийной ситуации.

Работающие и вновь вводимые в производство поршневые компрессоры являются наиболее сложно диагностируемыми машинами из всего существующего насосно-компрессорного оборудования. Узлы поршневых компрессоров имеют возвратно-поступательный характер движения, что требует нестандартного подхода к мониторингу технического состояния и диагностики неисправностей.

2. ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Многие известные компании (Hoerbiger, GE-Bentley Nevada, CPI [2] и др.), занимающиеся внедрением систем мониторинга и диагностики поршневых компрессоров, опираясь на опыт разработчиков поршневых компрессоров, считают, что в системе

диагностики основными характеристиками являются изменения давления в камере нагнетания в зависимости от положения поршня, так называемые индикаторные P, V -диаграммы. Зная характеристики исследуемой поршневой машины, можно математически смоделировать моменты нарастания или снижения давлений от положения поршня в конкретный момент времени и сравнить их с истинными значениями. P, V -диаграммы дают важную информацию о работе поршневой группы и клапанов. Однако для получения P, V -характеристик необходимы отборы давлений за клапанами впуска и выпуска в установленный момент времени, а это требует размещения датчиков давления и датчиков фазы положения поршня внутри корпуса машины [2]. Помимо этого устанавливаются датчики изменения зазора шатуна для характеристики износа колец, поршня и крейцкопфа. Такой подход не всегда приемлем, учитывая необходимость согласования с производителем компрессора разрешений по доработке поршневой машины, а также высокую стоимость системы и наличие опытного диагноста на предприятии.

Современную автоматизированную систему диагностики и противоаварийной защиты поршневых машин проще всего создавать их производителям, так как они наиболее полно знают режимы работы таких агрегатов, могут моделировать те или иные дефекты. Но, как правило, производители редко идут по пути разработки многофункциональных автоматизированных систем. В лучшем случае, они ограничиваются установкой системы контроля конкретного узла поршневой машины, используя с этой целью системы мониторинга известных мировых производителей. Это обусловлено многими причинами, в первую очередь, возрастанием стоимости поршневого компрессора при продаже его с системой диагностики и защиты, значительными затратами на создание системы, что требует использования хорошо подготовленных специалистов как для разработки поршневых машин, так и для разработки аппаратной и программной платформ автоматизированной системы.

3. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ И ДИАГНОСТИКИ «ТЕХПРОГНОЗ 2210»

Специалисты компании «Комдиагностика» на основе анализа ситуации и консультаций со специалистами-производителями, а также с производителями поршневых компрессоров предложили новый подход к данной проблеме. Ввиду невозможности на сегодняшний день разработать полностью достоверную экспертную систему автоматизированной диагностики компрессорного агрегата решено создать систему автоматизированного мониторинга его технического состояния, которая информировала бы эксплуатирующий персонал о необходимости принятия мер, предотвращающих превышение заданных установок тревог на нём или резко нарастающее изменение одной из контролируемых характеристик:

- температуры шеек коренных подшипников;
- температуры вкладышей шатуна;

- ударных нагрузок крейцкопфа;
- давления в камере нагнетания;
- температуры клапанных крышек;
- общего состояния вибрации в ответственных узлах.

Аппаратура диагностического мониторинга и контроля состояния агрегата также позволяет подключать дополнительные датчики контроля параметров по желанию заказчика, например, износа частей кривошипно-шатунного механизма, положения штока поршня и изменения других параметров технического состояния агрегата. Типовая схема расположения датчиков показана на рис. 1.

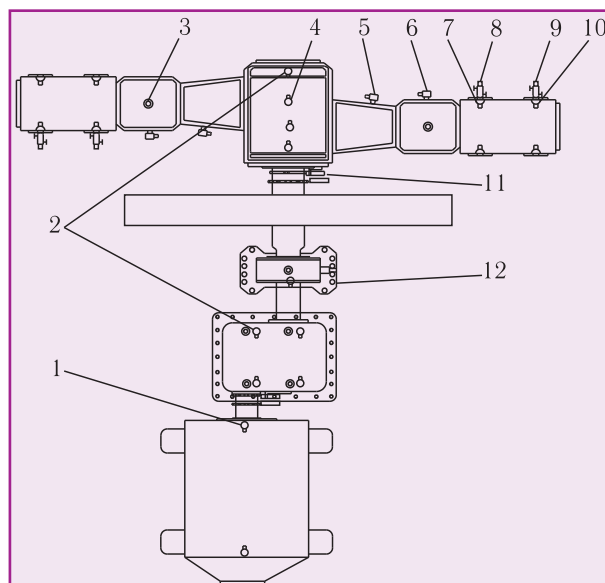


Рис. 1. Типовая схема расположения датчиков и ввода кабелей на компрессорном агрегате: 1 — ввод кабелей датчиков относительной вибрации ротора ЭД; 2 — датчики температуры подшипников редуктора и коленвала компрессора; 3 — датчик на основе акселерометра, предназначенный для контроля расшатанностей; 4 — ввод кабелей бесконтактных датчиков температуры вкладышей шатунов; 5 — ввод кабелей датчиков контроля положения крейцкопфа, температуры постели и вкладыша; 6 — ввод кабелей датчиков контроля положения штока; 7, 10 — контроль температуры крышек клапанов или газа под крышкой клапанов с целью обеспечения мониторинга состояния клапанов; 8, 9 — контроль компрессии в цилиндре, позволяющий обеспечить мониторинг и диагностику состояния клапанов, компрессионных колец, сальниковых уплотнений штока; при синхронизации положения коленвала обеспечивается снятие P, V -диаграммы; 11 — токовых датчики оборотов и фазы; 12 — датчики абсолютной вибрации подшипниковых опор

На фото 2 приводится вид датчиков, установленных в некоторых местах агрегата.

В зависимости от срабатывания уставок и дополнительных управляющих сигналов по дискретным входам, например, от АСУ ТП, аппаратура формирует и выдаёт команды на исполнительные устройства агре-



Фото 2. Примеры установки датчиков на компрессорном агрегате



Фото 3. Датчики, используемые в системе диагностики «Техпрогноз-2210»: а — датчик ударных нагрузок 649A01; б — беспроводной датчик температуры; в — датчики температуры; г — датчик вибрации KD6407; д — датчик давления

гатной автоматики. Аппаратура имеет связь с оборудованием САУ по стандартным протоколам связи RS232, RS485, Ethernet на нижнем или верхнем уровнях.

3.1. Особенности используемых датчиков

Датчик ударных нагрузок 649A01 — новая технология защиты поршневых машин (см. фото 3,а).

Датчик 649A01 регистрирует короткие ударные импульсы (пиковые значения виброускорения). Подсчитывается количество импульсов, превышающих уровень срабатывания в течение заданного временного интервала. Временной интервал настраивается в зависимости от скорости вращения коленвала. Пороговое значение устанавливается в зависимости от скорости вращения компрессора. На рис. 4 показано, как размещается датчик ударных нагрузок.

Регистрирующая система (АСУ ТП) настраивается на три состояния агрегата: а) норма; б) предупреждение; в) авария.

В аппарате применяется система беспроводного контроля температуры вкладышей шатунов с соответствующими датчиками (фото 3,б).

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.
- Отсутствие какой-либо электроники в сенсоре.
- Высокая стабильность работы сенсоров.

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

В состав аппаратуры входят датчики контроля температуры клапанов, коренных подшипников и корпуса сальника (см. фото 3,в). За счёт контроля абсолютных температур клапанов и разности температур между группами клапанов можно на ранней стадии обнаруживать неисправности в них и устранять их прежде, чем начнет падать эффективность компрессора.

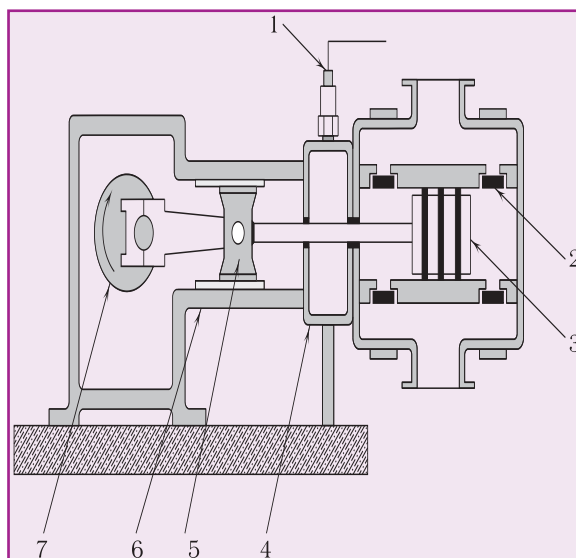


Рис. 4. Монтаж датчика на компрессоре:
1 — датчик ударных нагрузок; 2 — клапан;
3 — поршень; 4 — проставка; 5 — крейцкопф;
6 — корпус крейцкопфа; 7 — коленвал

Возможна установка датчиков температуры и на другие части компрессора для обеспечения контроля дополнительных параметров, таких как температура всасываемого и нагнетаемого газа, температура башмака крейцкопфа и др.

Датчик виброускорения крейцкопфа и виброускорения станины KD6407 (фото 3,г) может обнаружи-

вать неисправности машины, обусловленные такими событиями ударного типа, как ослабление крепления крейцкофа, всасывание жидкости в цилиндр или чрезмерный зазор во втулке поршневого пальца. Увеличение вибрации станины может указывать на такие неисправности, как дисбаланс, обусловленный необычным перепадом давлений или проявлением неуравновешенных сил инерции, ослаблением крепления к фундаменту, например, из-за разрушения цементного покрытия или регулировочных прокладок, и большими моментами при чрезмерной нагрузке на шток.

Датчик давления в цилиндре характеризуется надёжной конструкцией и предназначен для работы в агрессивной химической среде и других экстремальных промышленных условиях (фото 3,д). Уникальная запатентованная конструкция позволяет датчику работать продолжительное время под воздействием высокого циклично изменяющегося давления без потери точности измерений. Кроме этого, датчик способен выдерживать давления, превышающие диапазон его работы, без ухудшения характеристик и возвращаться к нормальной работе, когда значение давления оказывается снова в пределах рабочего диапазона.

3.2. Программное обеспечение

При создании программно-аппаратного комплекса «Технопрогноз» компания ставила перед собой следующую цель: разработать максимально удобный инструмент прикладных программ для непрерывного мониторинга, диагностики поршневого насосно-компрессорного оборудования, анализа событий. В этом инструменте программ должны использоваться регистрируемые данные о событиях с целью оперативного выявления скрытых и явных дефектов в 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 программ решаются следующие задачи:

- выявляются скрытые дефекты в новом оборудовании 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 определяются 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 сис-

темой (количество клиентских мест определяется заказчиком).

Сервер сбора и обработки информации реализует следующие функции:

- сбор технологических и диагностических параметров с контроллеров 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 первоначальных данных, в соответствии с установленным порядком доступа к ним;
- взаимодействие с внешними системами;
- архивирование и долгосрочное хранение полученных данных.

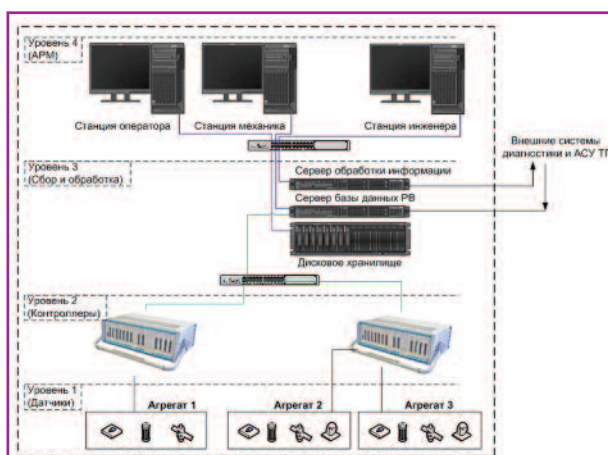


Рис. 5. Структура комплекса «Техпрогноз» на три агрегата

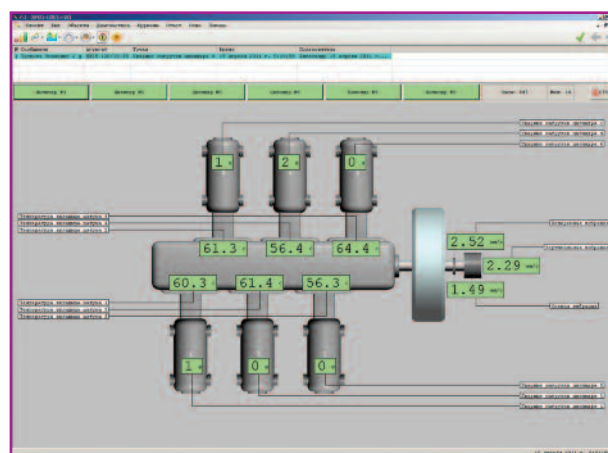


Рис. 6. Рабочее окно контроля состояния агрегата

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

- отображение информации о текущем состоянии контролируемых параметров в виде цифровых значений и упрощённой цветовой индикации;
- отображение информации о текущем состоянии контролируемых параметров в виде архивных трендов;

ситуации. Указывается тип нештатной ситуации, время её возникновения. Тип замера отображается одним из цветов: серым (обрыв), зелёным (параметр в норме), жёлтым (превышение предаварийной уставки), красным (превышение аварийной уставки).

В программе можно сформировать следующие отчёты: текущий, сменный, часовой, настраиваемый.

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

Для построения индикаторной P, V -диаграммы (кривой зависимости давление-объём), которая является одним из основных источников для диагностики поршневого насосно-компрессорного оборудования, достаточно выбрать агрегат и указать номер цилиндра (см. рис. 7).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная компанией автоматизированная система мониторинга и диагностики технологического состояния компрессорных агрегатов и элементов, а также защиты от аварий позволяет повысить их эффек-

тивность и надёжность.

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, можно говорить о создании недорогой и достаточно достоверной системы защиты и диагностики технического состояния поршневых компрессоров KD2210 «Технопрогноз».

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафин А.Х. Тенденции в технико-экономической структуре производства и развитии компрессорного оборудования// Компрессорная техника и пневматика. — 2002. — № 2. — С. 4-9.

2. Франчек Стефан. Система мониторинга и анализа работы клапанов поршневых компрессоров// Технические газы. — 2005. — № 5. — С. 56-59.

3. Пластилин П.И. Поршневые компрессоры. Том. 1. Теория и расчёт/ 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Колос, 2000. — 456 с.



Десятая международная специализированная выставка Криоген-Экспо

8-10 ноября 2011, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР», пав. 5

Организатор:



Проводится при содействии: Международного института холода
 Российской ассоциации производителей технических газов «ИГМА»
 Международной академии холода Украинской ассоциации «УА-СИГМА»

Информационная поддержка:



ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ:

- Криогенное оборудование
- Гелиевое оборудование
- Вакуумное оборудование
- Холодильное и компрессорное оборудование
- Микрокриогенная техника
- Сжиженный природный газ
- Промышленные и редкие газы
- Применение криогенных технологий в промышленности
- Системы безопасности
- Водородные технологии
- Применение криогенных технологий в медицине и биологии, научно-технических исследованиях
- Емкости для хранения и транспортировки
- Метрология и средства измерения при низких температурах
- Комплектующие, вспомогательное оборудование, системы управления и программное обеспечение
- Сертификация и технические регламенты в криогенной отрасли
- Система образования и кадровое обеспечение

В рамках выставки проводится специальный салон "Промышленные газы"

- » производство промышленных (азота, кислорода, аргона, водорода, ацетилена) и редких промышленных газов;
- » оборудование для хранения, транспортировки и потребления газов;
- » технологии генерации и использования озона;
- » продажа промышленных газов; » on-site технологии

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

8-я международная научно-практическая конференция «Криогенные технологии и оборудование. Перспективы развития» пройдёт в рамках выставки 9 ноября 2011 года

спонсор деловой программы



КРИОГЕН-ЭКСПО НА РУССКОМ:
www.cryogen-expo.ru
CRYOGEN-EXPO IN ENGLISH:
www.cryogen-expo.com



Дирекция 115533, Москва, пр. Андропова, 22
выставки: Тел./факс: 8 499 618-05-65, 8 499 618-36-88
E-mail: info@cryogen-expo.ru | Сайт: www.cryogen-expo.ru