



Система Технической Диагностики фирмы Compressor Controls Corporation (CCC)

Уникальное
программное обеспечение
для анализа и
прогнозирования
технического состояния
турбоагрегата



Система Технической Диагностики для всех типов турбоагрегатов и вспомогательного оборудования

Фирма Compressor Controls Corporation, мировой лидер в области управления и регулирования турбоагрегатами, разработала и поставляет Систему Технической Диагностики™ (СТД) - уникальный комплекс программ, позволяющий не только анализировать текущее техническое состояние турбоагрегата, но и прогнозировать его возможные изменения.

СТД - это легко адаптируемый инструмент для диагностирования термодинамического и механического состояния любого типа газовых турбин, компрессоров, генераторов, насосов, воздуходувок и вспомогательного оборудования. Внедрение СТД поможет вам улучшить конкурентоспособность предприятия, значительно повысив эксплуатационные показатели оборудования, уменьшив непроизводительные простои турбоагрегатов, время и расходы на их текущий и капитальный ремонт, а значит - увеличить прибыль вашего предприятия.

Две составные части СТД - это Система Параметрической Диагностики (PDS™) и Вибродиагностический Комплекс (ВДК) - Вибродоктор™.

1. Система параметрической диагностики.

Принцип действия PDS.

После установки на объекте, система PDS "изучает" особенности режимов работы турбоагрегата, регистрируя и архивируя эксплуатационную информацию, получаемую от системы управления и регулирования. В некоторых случаях с целью сокращения обучаемого периода может потребоваться проведение дополнительных испытаний для работы на



Экран диагностических сообщений

всех возможных эксплуатационных режимах. В результате, PDS формирует индивидуальную математическую модель оборудования, отображающую с заданной точностью функциональную зависимость параметров между собой. Вся необходимая для

использования в диагностических алгоритмах информация поступает в PDS из Станции управления TrainView®, являющейся составной частью САУиР ГПА фирмы CCC.

Для формирования математической модели PDS предварительно фильтрует, сглаживает и осредняет входные сигналы при различных установившихся режимах работы оборудования. Для более детального анализа причин неисправностей и локализации проблем может потребоваться установка дополнительной датчиковой аппаратуры.

Особенностью PDS является способность формировать математическую модель объекта диагностирования на основе экспериментальных данных, без наличия исходной информации от завода-изготовителя. Это позволяет использовать PDS как для вновь изготавливаемого, так и существующего модернизируемого оборудования.

Контроль технического состояния оборудования заключается в проверке соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определения конкретного вида текущего технического состояния - исправное, работоспособное, неработоспособное - для основных газотурбинных узлов (осевой компрессор, камера сгорания, турбины газогенератора и силовой), нагнетателя природного газа и вспомогательных систем (систем смазки, воздухоподготовки, фильтрации и теплообменники).

PDS состоит из оперативного и ретроспективного диагностирования.

1.1. Оперативное диагностирование (мониторинг) определяет значения текущих параметров и их отклонений от значений, соответствующих исправному состоянию:

- Для нагнетателя природного газа - это мощность, политропическая и газодинамическая эффективность, расход перекачиваемого газа, общий уровень вибрации;
- Для газотурбинного двигателя - это потребление топлива, температура и давление на выходе газогенератора, давление и температура за осевым компрессором, частота вращения роторов, распределение температур за турбиной газогенератора и силовой турбиной, общий уровень вибрации;
- Для системы смазки - давление и температура масла, утечка масла, требующая его пополнения, состояние фильтров;
- Эксплуатационные характеристики:
 - Количество холодных прокруток;
 - Количество пусков, нормальных и аварийных остановов;
 - Время прогрева и остывания при запусках и остановках агрегата;

- Время выбегов роторов при остановках;
- Соотношение топлива и воздуха при зажигании во время пуска агрегата;
- Состояние сбросных клапанов и механизма поворота направляющих аппаратов;
- Другие специфические параметры по желанию заказчика.

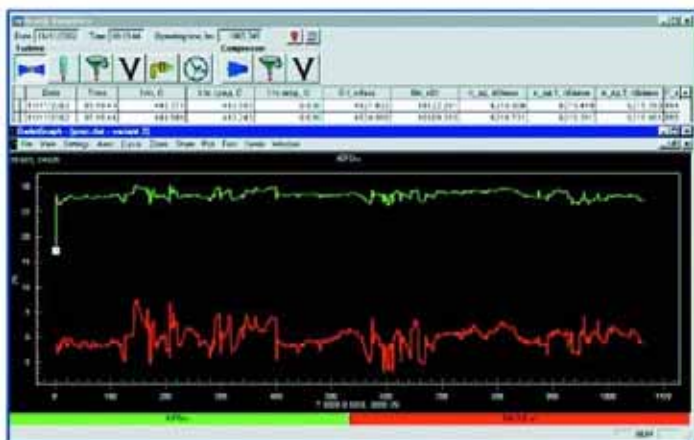
Значения перечисленных выше параметров представлены на экранах станции оператора в виде абсолютных величин и отклонений от норм в процентах.

Диагноз соответствующей неисправности, формируемый PDS на основании анализа отклонений от норм в соответствии с матрицей коэффициентов влияния на соответствующую неисправность, высвечивается на экране диагностических сообщений



Экран диагностики проточной части двигателя

1.2. Ретроспективное диагностирование реализовано на базе данных, сформированных оперативной частью PDS. Ретроспективная часть PDS предназначена для длительного хранения результатов расчета PDS и параметров ГПА, а также



Экран ретроспективного анализа

анализа их изменения во времени. При выполнении диагностирования применяются вероятностные

методы прогноза ухудшения технических характеристик оборудования и необходимости их восстановления. PDS архивирует данные, характеризующие как нормальное, так и текущее техническое состояние оборудования. На основе этих данных СТД формирует диагностические сообщения для различных элементов оборудования и прогнозирует их техническое состояние. Данные, связанные с работой оборудования на установившихся и переходных режимах, необходимые для оценки прочности горячих элементов газотурбинного двигателя, включая малоцикловую термическую усталость, формируются и сохраняются в PDS для последующего прочностного анализа.

Эти данные включают: количество пусков, нормальных и аварийных остановов, время прогрева при пусках и остывания при остановах, время работы оборудования при различных нагрузках. Кроме того, включаются данные, сформированные частью оперативного диагностирования PDS и используемые частью ретроспективного анализа.

По желанию заказчика, наряду с PDS в состав СТД может быть включен:

2. Вибродиагностический комплекс (ВДК) -

Вибродоктор™, предназначенный для измерения, регистрации и спектрального анализа вибрационных сигналов, поступающих от дополнительно установленных датчиков, а также для архивирования входной информации и результатов анализа.



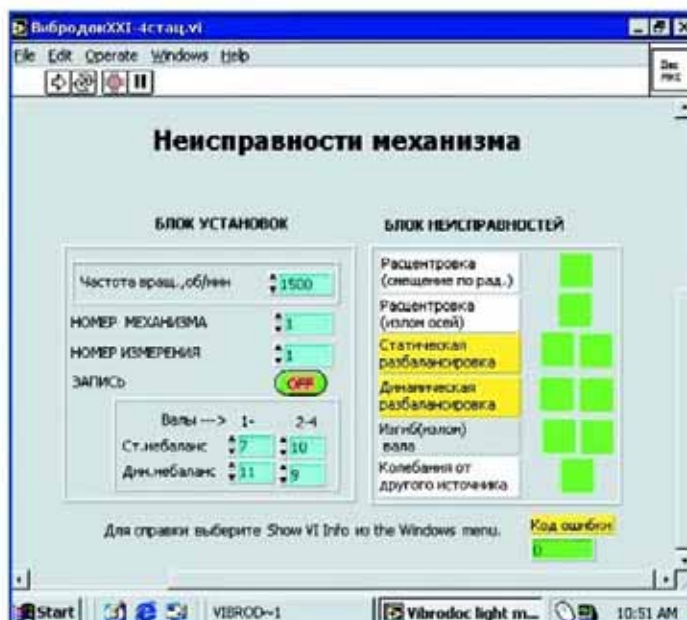
Главный вибродиагностический экран

ВДК является открытым для адаптирования к конкретному виду оборудования. Он состоит из Основного Модуля, назначением которого является запуск и вызов модулей оценки технического состояния с индикацией наличия неисправностей и дефектов механизмов, и 4-х программных модулей оценки технического состояния механического оборудования:

- Механизм
- Подшипник скольжения
- Подшипник качения
- Редуктор

А. Назначение модуля Механизм - определение следующих неисправностей механизмов:

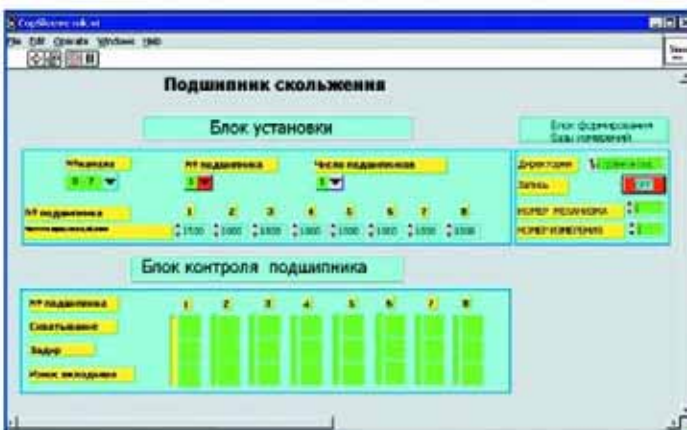
- Расцентровка (смещение по радиусу)
- Расцентровка (излом осей)
- Статическая расбалансировка
- Динамическая расбалансировка
- Изгиб (излом) вала
- Колебания от другого источника



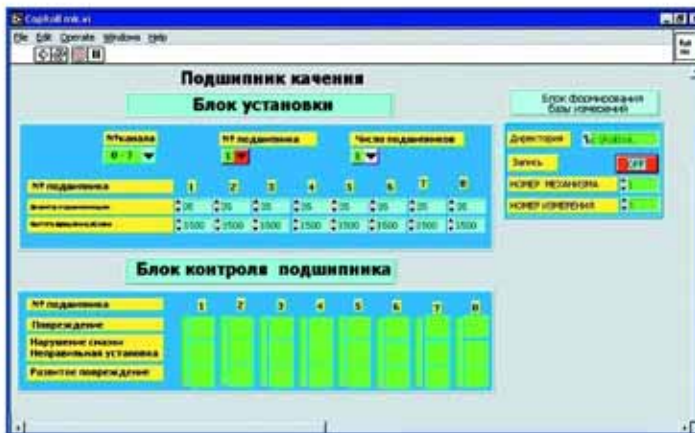
Экран неисправностей механизма

В. Назначение модуля Подшипник скольжения - определение следующих неисправностей:

- Схватывание
- Задир
- Износ



Экран состояния подшипников скольжения



Экран состояния подшипников качения

C. Назначение модуля Подшипник качения - определение следующих неисправностей:

- Повреждение
- Нарушение смазки, неправильная установка
- Развитое повреждение

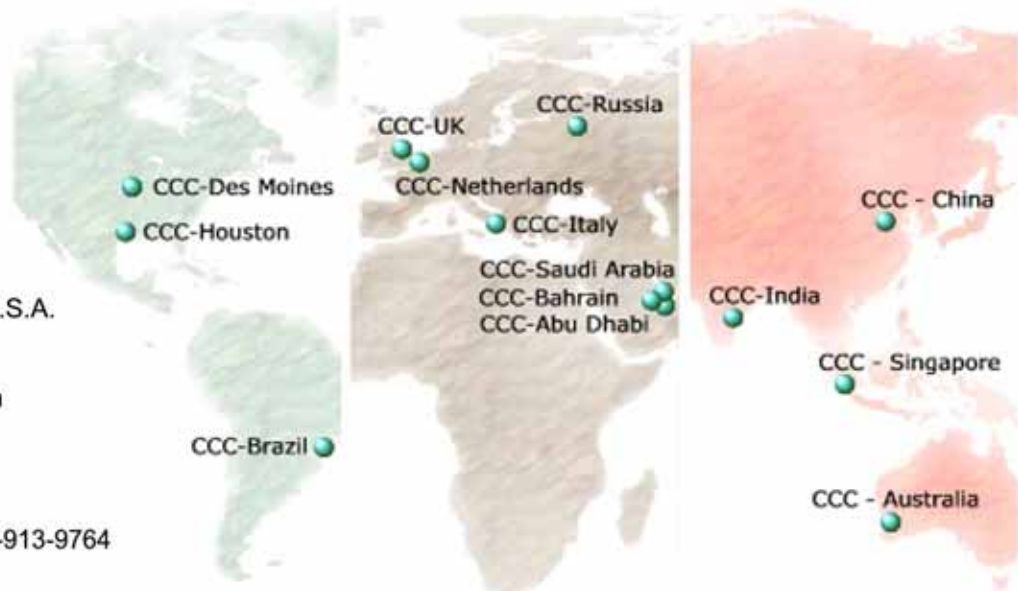
D. Назначение модуля Редуктор - определение следующих неисправностей:

- Изменение бокового зазора в зацеплении
- Осевое смещение
- Схватывание
- Перекос осей
- Нарушение смазки
- Смещение контакта к большому модулю
- Смещение контакта к малому модулю



CCC - Des Moines
 4725 121st Street
 Des Moines, Iowa 50323-2316, U.S.A.
 T: 515-270-0857
 F: 515-270-1331
 E: usadesmoines@cccglobal.com

CCC - Россия
 ул.Шаболовка 34, стр.2
 Москва, 115419, Россия
 T: 7-495-617-1293/94/95; T: 7-495-913-9764
 F: 7-495-913-9765
 E: russia@cccglobal.com



Поддержка СТД инженерами CCC

Квалифицированный инженерный персонал CCC может, анализируя диагностическую информацию СТД через электронную связь, рекомендовать эксплуатационному персоналу выполнение определенных ремонтно-профилактических мероприятий, направленных на восстановление технических характеристик оборудования.

В настоящее время в промышленной эксплуатации находятся или готовятся к установке на объектах более 40 PDS фирмы CCC. К числу диагностируемых агрегатов и их вспомогательных систем относятся

Двухвальные газовые приводы:

- GT-10 ABB (Швейцария) в Польше на 7-и агрегатах компрессорных станций и головном офисе EuroPolGaz
- LM-2500 GE (США) в Норвегии на платформе для приводе 3-х электрогенераторов
- Урал-12, Урал-16, ГТН-16, ГТН-25, ГПА-Ц-6.3 (Россия) - на предприятиях ОАО Газпром, Bulgargaz (Болгария)

Трехвальные газотурбинные приводы:

- ГПА-Ц-16, ГПА-Ц-16Л, ДР-59, ДГ-59 (Россия) - на предприятиях ОАО Газпром, D336 и УГТ-10000 - Bulgargaz (Болгария)



Система LDA (Load Distribution Adviser) для оптимизации работы турбокомпрессорного оборудования

Американская фирма "Compressor Controls Corporation" (CCC) разработала систему LDA (Load Distribution Adviser), предназначенную для оптимизации работы турбокомпрессорного оборудования. LDA минимизирует суммарное потребление топлива, выполняя задание по перекачке газа цехом или станцией на основе математической обработки эксплуатационной информации, регистрируемой в процессе работы оборудования. Система LDA работает в составе Станции Оператора TrainView I[®], поставляемой фирмой CCC. LDA использует при аппроксимации для построения математических зависимостей базы данных, сформированные Системой Параметрической Диагностики CCC (PDS[™]).

Функции LDA

Применение формируемых системой PDS баз данных позволяет при формировании математических моделей использовать не заводские характеристики, а информацию, получаемую в процессе эксплуатации оборудования. Поэтому LDA может быть использована как для новых, так и для модернизируемых установок.

Математические модели описывают связи между величинами, определяющими техническое состояние турбокомпрессорного оборудования, и параметрами технологического процесса и окружающей среды. Эти связи в виде рабочих характеристик используются при оптимизации работы оборудования. Так, например, при распределении нагрузки

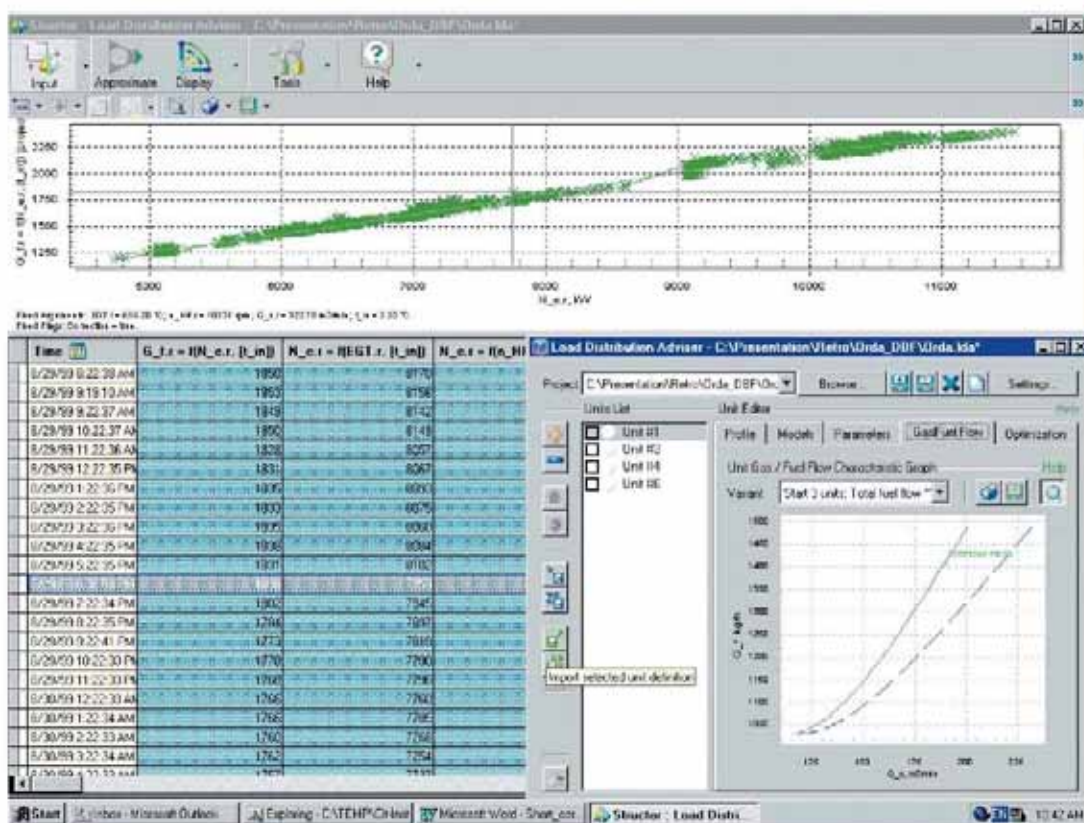


Рис. 1. Аппроксимационная зависимость приведенного расхода топлива от приведенной мощности ГТУ и результирующая характеристика зависимости расхода топлива от объемной производительности нагнетателя в текущих условиях для агрегата №1.

между совместно работающими агрегатами минимизируется суммарный расход топлива путем оптимальной загрузки оборудования на основе реальных характеристик, отражающих его техническое состояние.

Принцип работы LDA

Для включения LDA в процесс оптимизации необходимо создать файл информации о станционном или цеховом оборудовании, включая список агрегатов и информацию о них. Информация о каждом агрегате включает в себя настройки на соответствующие базы данных, которые формируются и периодически, в соответствии с заданным при конфигурации периодом (например, каждый час), пополняются системой PDS.

Для формирования математических моделей, лежащих в основе оптимизации, необходимо ввести константы и ограничения параметров агрегата (минимальные значения расхода перекачиваемого нагнетателем газа и максимально допустимые значения температуры и частоты вращения турбины высокого давления), а также аппроксимировать экспериментальную информацию, содержащуюся в базе данных.

На основе результирующих зависимостей расхода топлива от расхода перекачиваемого газа при текущих условиях, характерных для каждого агрегата, LDA вырабатывает рекомендации по оптимальной комбинации совместно работающего оборудования, обеспечивающего при этом минимальное потребление топлива.

Если режим работы станции изменился или требуется оптимизировать работу оборудования для другого задания по расходу перекачиваемого газа, LDA по команде Optimize выполняет новый расчет, результатом которого является новая рекомендация по составу работающих агрегатов для заданных условий. При этом рассматриваются только те агрегаты, которые в данный момент являются доступными для эксплуатации, и исключаются из рассмотрения агрегаты, заблокированные в работающем состоянии или в состоянии Стоп.

На дисплее отображается ожидаемый минимальный суммарный расход топлива, обеспечиваемый выбранным составом оборудования, необходимый для выполнения задания по расходу перекачиваемого газа.

Кроме того, для каждого агрегата, который рекомендуется включить в работу, выводится информация о рекомендуемом режиме работы (частота вращения силовой турбины и ожидаемый расход топлива в килограммах в час), а также соответствующее этому режиму прогнозируемое значение расхода перекачиваемого газа.

Формирование математических моделей

Прежде чем приступить к выполнению функции оптимизации, LDA строит математические модели для каждого агрегата, включенного в состав цеха или станции. Система формирует полиномиальные зависимости, отображающие термодинамические связи параметров агрегата между собой и с внешними условиями, которые характеризуют текущее техническое состояние оборудования и используются для выбора его наиболее оптимального состава.

Значения всех параметров, необходимых для формирования моделей, считываются из базы данных, которая формируется PDS, непрерывно функционирующей в составе CCC HMI Train View I.

Пример используемой математической модели:

$$Gf_r = f(Ne_r^2, Ne_r, T1, Ne_r * T1),$$

где:

Gf_r - приведенный к нормальным условиям окружающей среды расход топлива;

Ne_r - приведенная мощность, развиваемая силовой турбиной газотурбинного двигателя;

$T1$ - температура воздуха на входе в компрессор газотурбинного привода.



CCC - Des Moines
4725 121st Street
Des Moines, Iowa 50323-2316, U.S.A.
T: 515-270-0857
F: 515-270-1331
E: usadesmoines@cccglobal.com

CCC - Россия
ул.Шаболовка 34, стр.2
Москва, 115419, Россия
T: 7-495-617-1293/94/95; T: 7-495-913-9764
F: 7-495-913-9765
E: russia@cccglobal.com