

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСД-36СТ И АСД-38СТ ГАЗОТУРБИННЫХ ПРИВОДОВ НК-36СТ И НК-38СТ НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

*В.Б. Коротков, канд. техн. наук, Ю.К. Криволицкий, В.Н. Михнович, канд. техн. наук,*

*А.В. Оболенский, Ю.Н. Тарасенко,*

*Самарский научно-технический комплекс им. Н.Д. Кузнецова, г. Самара, Россия*

В настоящее время в инженерно-техническом центре «Оргтехдиагностика» и СНТК им. Н. Д. Кузнецова для газотурбинного привода НК-36СТ газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-25 и газотурбинного привода НК-38СТ агрегата ГПА-Ц-16 созданы современные системы контроля и диагностирования, получившие наименования АСД-36СТ и АСД-38СТ.

Каждая АСД включает в себя электронную вычислительную машину, монитор, печатающее устройство, линии связи АСД с МСКУ по локальной сети, программное обеспечение и техническое описание.

Каждая система в режиме работы двигателя с частотой 1Гц контролирует и диагностирует его проточную часть, вибросостояние, маслосистему, систему регулирования и выполняет следующие операции: принимает и хранит исходную информацию, вводимую оператором из формуляра двигателя и о проведенных работах на двигателе, принимает аналоговые и дискретные параметры из МСКУ, формирует признак работающего двигателя и признаки установившихся режимов, проводит математическую обработку поступающей информации, включающую отбраковку, осреднение, аппроксимацию, тренд-анализ и прогнозирование, контролирует неперевышение предельных значений параметров, появление сигналов аварийного состояния и неправильного функционирования систем и узлов, формирует рекомендации по обнаружению неисправностей и проведению необходимых работ, проводит тестирование программ (по команде); автоматически выдаёт на монитор и печать, диагностические сообщения, а по запросу - информацию (в том числе графическую), формируемую автоматически для каждого диагностического сообщения; хра-

нит (архивирует) информацию с глубиной хранения от 10с. и до всего времени эксплуатации двигателя. Форма, объём и глубина хранения информации определяются автоматически в зависимости от диагностического сообщения.

Результатом автоматической обработки, поступающих в систему данных, являются диагностические сообщения, содержащие информацию о параметрах, превысивших установленные допуски, о месте появления неисправности и рекомендации по дальнейшей эксплуатации двигателя.

При диагностировании, кроме формулярных, используются индивидуальные базовые значения параметров, определяемые автоматически на установившихся режимах работы в начальный период эксплуатации двигателя, поправки к параметрам проточной части, учитывающие отличия условий приёмосдаточных испытаний двигателя от условий его эксплуатации на компрессорной станции.

Уже первый опыт использования систем дал положительные результаты.

При работе двигателя НК-36СТ №РЭ1 (сб. 2) в составе ГПА-Ц-25 на Тольяттинской компрессорной станции с 06.12.95 по 04.01.96 была проверена работоспособность диагностической модели его проточной части. Эксплуатация двигателя была прекращена из-за отрыва части камеры сгорания двигателя. Фрагмент камеры сгорания застрял в сопловом аппарате турбины высокого давления, что послужило причиной последующих прогаров и забоин на лопатках сопловых аппаратов и турбин. Разрушение произошло не сразу и диагностическая модель отобразила это через поведение характеристик узлов проточной

части: за 8 часов до выключения двигателя стал уменьшаться расход воздуха через двигатель и перед выключением это уменьшение достигло 5,5%, за 6 последних часов работы двигателя к. п. д. компрессоров снизились на 1%, а пропускные способности турбин на 4,5% при этом более резкое падение имела пропускная способность турбины высокого давления – за 2 часа в шестичасовом промежутке времени на 2,3%, что означает существенное уменьшение площади проходного сечения соплового аппарата.

Такая реакция АСД на изменение технического состояния двигателя поставила вопрос о целесообразности её использования в качестве рабочего инструмента при эксплуатации других двигателей НК-36СТ.

В течение длительного срока с июля 2000г. по июнь 2002г. система находилась в опытной эксплуатации и отслеживала за техническим состоянием двигателя НК-36СТ №РГ4 сб.4.

В процессе эксплуатации АСД выдала диагностические сообщения об ухудшении состояния компрессора среднего давления, камеры сгорания и турбины низкого давления, загрязнении компрессора, засорении масляного фильтра, что было подтверждено последующими осмотрами проточной части и термодинамическими расчётами.

Положительные результаты опытной эксплуатации АСД-36СТ позволили представить систему к приёмочным испытаниям.

В июле 2002г. АСД-36СТ прошла эти испытания и была рекомендована Приёмочной комиссией Газпрома к промышленной эксплуатации.

В дальнейшем система использовалась на компрессорных станциях Тольяттинская и Сызранская при эксплуатации двигателей НК-36СТ.

С ноября 2002 г по февраль 2003 г. система в течение 1445 часов функционировала на Тольяттинской компрессорной станции при работе двигателя НК-36СТ №РГ101. Так как на момент постановки двигателя имел достаточно большую наработку (14442 часа) и был установлен без промывки проточной части (т.е. с явно ухудшившимися характеристиками), это по-

зволило ещё раз проверить работоспособность практически всех задач контроля и диагностирования.

На это состояние двигателя система отреагировала соответствующими диагностическими сообщениями: о выходе за допустимые значения эффективного К.П.Д. двигателя, мощности, параметров проточной части и об её загрязнении. При последующей работе двигателя система сообщила о трендах характеристик узлов проточной части, неблагоприятном прогнозировании, об ухудшении компрессора среднего давления, камеры сгорания и всех турбин.

Система сообщила о неисправности каналов измерений частоты вращения ротора высокого давления и давления воздуха за компрессором: первое из-за замыкания в цепи, второе из-за замерзания импульсной трубки.

Двигатель был аварийно остановлен вследствие резкого роста виброскорости на передней опоре, как оказалось из-за разрушения подшипника в промежуточной опоре.

За 20 сек. до остановки двигателя АСД выдала сообщение “Изменение вибраций на передней опоре” и затем сообщение “Повышенная вибрация на передней опоре”. Система поймала предаварийное и аварийное состояние двигателя. Конечно, в этом случае оператору было недостаточно времени на осмысление ситуации и двигатель был аварийно выключен АСУ. Обращение к базе данных показало, что за 5 дней до выключения двигателя АСД. начала регулярно выдавать сообщение “Повышенное отклонение виброскорости на передней опоре от базового значения” При наличии опыта работы с системой такая ситуация не могла быть не замеченной оператором.

Это подтверждает необходимость использования АСД в промышленной эксплуатации.

Другая система АСД-38СТ, спроектированная для контроля и диагностирования двухвального газотурбинного двигателя НК-38СТ. также подтвердила свою работоспособность при опытной эксплуатации на Сызранской и Тольяттинской компрессорных станциях.

Так по информации АСД-38СТ, находящейся в опытной эксплуатации с октября 1999 г., 26.01.2000г. была остановлена эксплуатация двигателя НК-38СТ №КГ 101 сборка 4. После 600 часов наработки АСД сформировала диагностические сообщения о трендах приведенной частоты вращения ротора высокого давления, температуры газов за турбиной, давления воздуха за компрессором, что свидетельствовало об изменении состояния проточной части. Диагностическая модель определила ухудшение характеристик турбины высокого давления: её пропускной способности и К.П.Д.. Когда пропускная способность турбины увеличилась на 2% (на 1004 часа наработки), было принято решение о прекращении эксплуатации двигателя. Последующая разборка двигателя показала разрушение сотовых уплотнений турбины.

По отдельным резким выпадам отклонений параметров в районе 540, 700 и 880-го часов были отмечены кратковременные обледенения входного направляющего аппарата.

По просьбе эксплуатантов в эту систему была введена автоматическая выдача рекомендации о немедленном выключении двигателя в случае быстрого роста температуры газов и виброскорости, что не может быть отслежено оператором.

При работе другого двигателя НК-38СТ №КГ 103 сб.2 в июле 2002г. на Сызранской компрессорной станции через месяц после начала эксплуатации система отметила повышение давления в средней опоре и последующий его рост. После промывки проточной части двигатель был смонтирован на Тольяттинской станции, где и была продолжена его эксплуатация. Следует отметить, что система чётко отреагировала на промывку проточной части, показав улучшение термодинамических характеристик. Однако продолжающийся рост давления в средней опоре предопределил съём двигателя с эксплуатации.

Данные, полученные с помощью АСД-38СТ при работе двигателя НК-38СТ №КГ4 сб.2 (апрель 2002г.), были использованы для принятия решения по его дальнейшей эксплуатации. За 3 часа 20 минут до его выключения система показала начало роста тем-

пературы газов перед турбиной, расхода топлива, изменение частоты вращения ротора высокого давления, уменьшение К.П.Д. компрессора низкого давления, что указывало на серьёзные изменения в проточной части и дало основание для прекращения его эксплуатации.

При разборке двигателя были обнаружены обрывы перьев лопаток третьей ступени компрессора низкого давления и забоины на лопатках компрессора высокого давления.

Следует отметить, что как в процессе доводки систем, так и в процессе их опытной эксплуатации возникало множество проблем и непредвиденных обстоятельств, требующих своего разрешения. К наиболее важным из них можно отнести подогрев датчика температуры воздуха на входе в двигатель, неправильное размещение датчика, измеряющего температуру наружного воздуха, влияние температуры в двигательном отсеке на параметры двигателя, отсутствие измерения расхода воздуха, отбираемого из двигателя, включение вентиляторов, охлаждающих масло на входе в двигатель, что сказывается на трендах параметров маслосистемы. Большая часть этих проблем решена введением соответствующих корректировок в алгоритмы диагностирования и проведением конструктивных мероприятий на компрессорных станциях.

В заключение следует отметить, что накопленный опыт отработки и эксплуатации автоматизированных систем диагностирования АСД-36СТ и АСД-38СТ показал их высокую эффективность в непрерывном слеживании за техническим состоянием двигателей и необходимость их применения при промышленной эксплуатации газотурбинных двигателей на компрессорных станциях.

*Поступила в редакцию 12.05.03*

**Рецензенты:** д-р техн. наук, профессор С.А. Дмитриев, НАУ, г. Киев; канд. техн. наук, доцент Ю.А. Гусев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.