

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ ЖАРОВОГО ТРАКТА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ¹

В.С. Мелентьев, О.А. Прояева

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Предлагается новый метод прогнозирования возникновения и развития дефектов жарового тракта газотурбинного двигателя. Метод позволяет оценивать остаточный ресурс до возникновения дефекта по наработке газотурбинного двигателя и формировать рекомендации о сроках проведения ремонтно-восстановительных работ.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, газоперекачивающий агрегат, дефекты, диагностирование, эксплуатация.

Вопросы диагностики технического состояния газотурбинных двигателей (ГТД) газоперекачивающих агрегатов (ГПА) в составе компрессорных станций (КС) имеют большое значение для обеспечения безопасной эксплуатации данного типа оборудования в связи с тем, что наработка многих газотурбинных установок (ГТУ), эксплуатируемых на магистральных газопроводах, превысила назначенный ресурс [1].

В этой связи проблема надежности и безопасности эксплуатации ГТД в составе газоперекачивающих станций является актуальной научной и инженерной задачей.

Для решения задач обеспечения безопасности при эксплуатации компрессорного оборудования промышленных предприятий сегодня в мире используется следующая классификация современных методов диагностирования параметров технического состояния оборудования и систем [2]:

- 1) физические методы контроля (органолептические, стробоскопические);
- 2) инструментальные методы;
- 3) аналитические методы;
- 4) параметрическая диагностика;
- 5) трибодиагностика;
- 6) метод поверхностной активации;
- 7) вибрационная диагностика.

На сегодняшний день ни один из приведенных методов диагностирования не позволяет в полной мере осуществить контроль и мониторинг технического состояния основных узлов и механизмов оборудования в процессе эксплуатации, а значит, вопрос требует дополнительного изучения.

Проведенный анализ технического состояния парка ГПА и эксплуатационная статистика отказов свидетельствуют о необходимости оценки текущей и прогнозируемой информации о техническом состоянии ГТД ГПА в процессе эксплуатации, а также возможности конкретно оценить остаточный ресурс до возникновения дефекта по наработке ГТД с рекомендацией сроков проведения ремонтно-восстановительных работ по причинам возникновения и развития дефекта.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 11-08-00039-а).

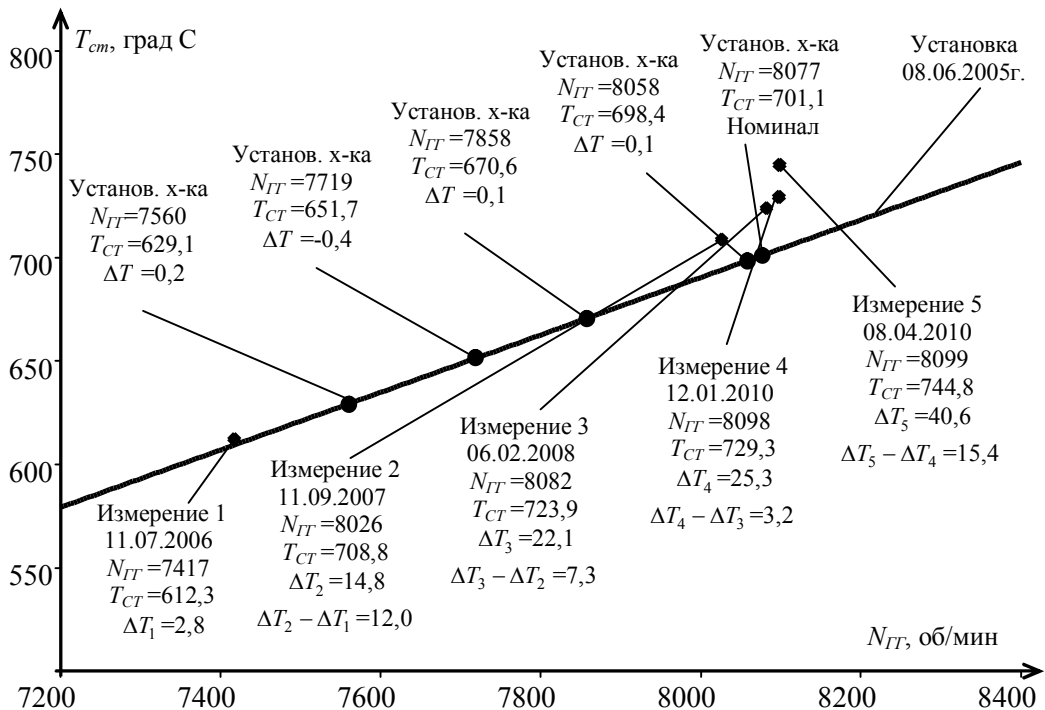
*Владимир Сергеевич Мелентьев – д.т.н., профессор.
Ольга Александровна Прояева – аспирант.*

Одна из причин, вызывающих сьем ГТД или приводящих к необходимости выполнения ремонтных работ, – разрушение жарового тракта.

Предлагаемый метод прогнозирования развития дефектов рассматривается на базе двигателя НК-14 привода ГПА-Ц10Б.

В настоящее время параметрический контроль технического состояния ГПА осуществляется с использованием оперативной, технической, нормативной и руководящей документации. Методика проведения параметрического контроля технического состояния привода ГПА на основе входных параметров включает в себя определение его выходных параметров путем периодического параметрического обследования, на основе чего составляется протокол с расчетом выходных параметров агрегата. По факту дается заключение о его техническом состоянии в данный момент времени.

В связи с тем, что средняя погрешность используемых методик определения мощностных параметров составляет $\pm 3\%$ в диапазоне загрузки ГПА $60\div 100\%$, изменение мощности агрегата на ± 300 кВт не является однозначным признаком появления какой-либо неисправности. Для количественной оценки изменения технического состояния отдельных узлов необходимо введение новых диагностических параметров, учитывающих их характеристики.



Р и с . 1. Отклонение приведенной температуры газов перед силовой турбиной от установочной характеристики в процессе эксплуатации двигателя

В методику проведения параметрического контроля технического состояния привода ГПА предлагается ввести дополнительный диагностический параметр T_{CTnp} – приведенную температуру газов перед силовой турбиной, которая по формуле газодинамического подобия

$$(T_{CTnp} = (T_{CT} + 273) \cdot \frac{288}{T_{BX}} - 273)$$

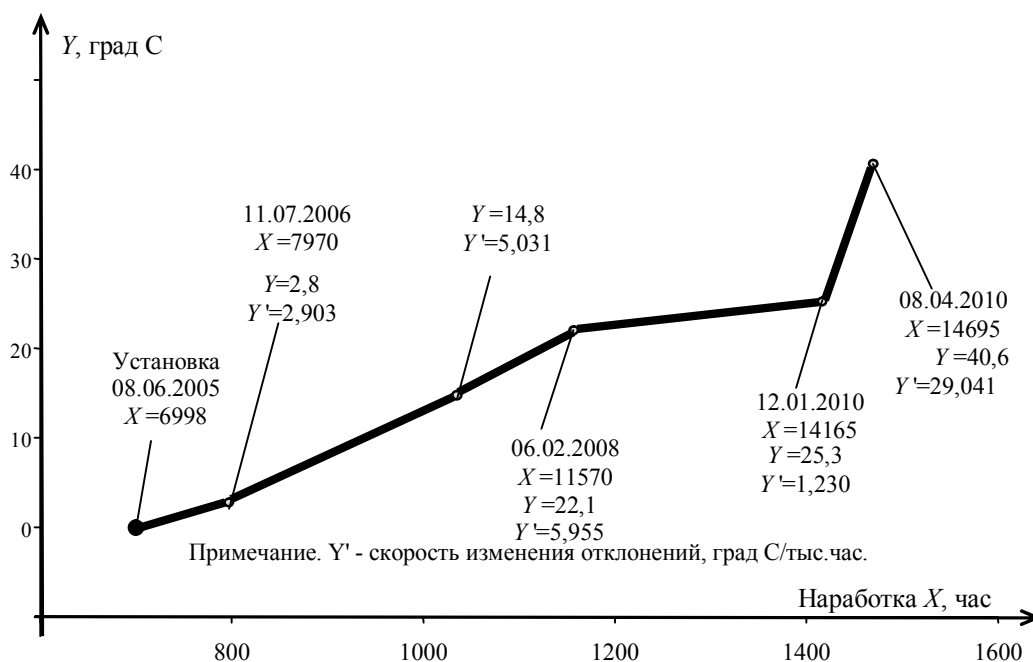
духа на входе в двигатель $T_{BX} = +15^{\circ}\text{C}$. Здесь T_{CT} – текущая температура газов перед силовой турбиной.

В процессе диагностики данный параметр двигателя фиксируется на рабочем режиме и контролируется его отклонение от установочной характеристики $\Delta T_{CTnp} = T_{CTnp} - T_{CTnp\delta аз}$ (после установки двигателя в ГПА) (рис. 1), где $T_{CTnp\delta аз}$ – номинальное значение приведенной температуры.

Установочная характеристика – это зависимость приведенной температуры газов перед силовой турбиной от приведенной частоты вращения ротора газогенератора $N_{ГГ}$.

На основе эксплуатационной статистики четко прослеживается зависимость возникновения дефекта типа «прогар соплового аппарата» при увеличении отклонения приведенной температуры газов перед силовой турбиной относительно установочной характеристики на 25°C и более ($\Delta T_{CTnp} > +25^{\circ}\text{C}$). Следовательно, контролируя в процессе эксплуатации изменение данной величины, можно определять наработку агрегата, при которой возможно возникновение прогара лопаток соплового аппарата первой ступени турбины и разрушение двигателя при дальнейшей эксплуатации.

Спрогнозировать появление дефекта можно, построив тренд отклонений приведенной температуры газов перед силовой турбиной (от установочной характеристики) по наработке (рис. 2).



Р и с . 2. Тренд приведенной температуры газов перед силовой турбиной по наработке двигателя

При этом вводится еще один дополнительный диагностический параметр – скорость изменения отклонений приведенной температуры газов перед силовой турбиной.

Оценивая скорость нарастания приведенной температуры газов перед силовой турбиной без ухудшения вибросостояния двигателя, можно дать прогноз, через сколько часов эксплуатации двигателя при данной скорости нарастания температуры от установочной характеристики будет иметь место прогар.

Данный метод можно использовать и для прогнозирования других видов дефектов, например загрязнения газозвдушного тракта двигателя (ГВТ). Об этом свидетельствует снижение температуры газов перед силовой турбиной относительно установочной характеристики при одновременном снижении давления воздуха за осевым компрессором. Это обеспечит возможность прогнозирования сроков проведения промывок, ведь своевременная качественная промывка ГВТ не только обеспечит нормальную эксплуатацию двигателя в течение межремонтного ресурса (25000 час), но и во многих случаях позволит продлить ресурс на несколько тысяч часов.

Предложенный метод прогнозирования возникновения и развития дефектов жарового тракта газотурбинного двигателя является основой для разработки новой методики параметрического контроля технического состояния основных конструктивных узлов и элементов ГТД ГПА (расчет параметров, приведение их к стандартным атмосферным условиям, построение графиков дроссельных характеристик, построение тренда отклонений всех параметров по наработке), а также автоматизированной системы диагностирования технического состояния жарового тракта ГТД в процессе эксплуатации.

Преимущество данной методики будет заключаться в более объемной текущей и прогнозируемой информации о техническом состоянии газотурбинного двигателя ГПА в процессе эксплуатации, возможности конкретно оценить остаточный ресурс до возникновения дефекта по наработке газотурбинного двигателя и формировать рекомендации о сроках проведения ремонтно-восстановительных работ по причинам возникновения и развития дефектов. Все это повысит надежность и безопасность эксплуатации газотурбинных двигателей в составе газоперекачивающих станций, а также приведет к снижению как финансовых, так и временных затрат, связанных с его ремонтом или техническим обслуживанием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Резвин Б.С.* Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. – 269 с.
2. *Новиков А.С., Пайкин А.Г., Сиротин Н.Н.* Контроль и диагностика технического состояния газотурбинных двигателей. – М: Наука, 2007. – 469 с.

Статья поступила в редакцию 6 мая 2011 г.

DIAGNOSTICS OF GAS TURBINE ENGINE'S HEAT PATH DEFECTS DEVELOPMENT OF THE GAS SWAPPING UNIT IN THE PROCESS OPERATION

V.S. Melentyev, O.A. Projaeva

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100

The new method of forecasting of occurrence and development of defects of the gas turbine engine's heat path of the gas swapping unit is offered. The method allows to estimate a residual resource before occurrence of defect on an operating time of the gas turbine engine and to form recommendations about terms of realization of repair - regenerative works.

Keywords: *the gas turbine engine, gas swapping unit, defects, diagnostics, operation.*

*Vladimir S. Melentyev – Doctor of Technical Sciences, Professor.
Olga A. Projaeva – Aspirant.*