

УДК 621.43

**Е.В. ГЛАДКИХ**

*ОАО «Авиадвигатель», Пермь, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НАЗЕМНОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

В статье рассмотрены вопросы применения автоматизированной системы диагностики для оценки фактических показателей эксплуатационной экономической эффективности газотурбинных энергетических установок комбинированного цикла.

**автоматизированная система диагностики, эксплуатационная готовность, надежность, эффективность**

### **Введение**

На смену устаревшим паротурбинным установкам, которые являлись основными в двадцатом веке, пришло новое поколение газотурбинных энергетических установок (ГТУ) комбинированного цикла [1 – 2]. Эксплуатироваться они начали еще в середине 1950-х годов, а широкое распространение получили с появлением современных газотурбинных двигателей с большой мощностью и высоким коэффициентом полезного действия [3 – 5].

Основным преимуществом применения конвертированных авиадвигателей при создании ГТУ являются их хорошие эксплуатационные параметры при большом количестве запусков и широкий диапазон рабочих режимов. Внедрение промышленных ГТУ на базе авиадвигателей позволило значительно улучшить характеристики приводов по основным эксплуатационным параметрам [6 – 7].

### **Изложение основного материала**

Конструкция ГТУ на базе авиадвигателей достаточно сложна и создает проблемы, которые требуют решения. Например, ГТУ на базе двигателей ПС-90ГП1,2,3 имеют высокие значения степени сжатия в компрессоре и температуры газа перед турбиной. В связи с высокой степенью сжатия ком-

прессор имеет узкий рабочий диапазон (возможно возникновение помпажа) и становится восприимчивым к загрязнению. Высокая температура газа перед турбиной влияет на параметры и срок службы деталей ее горячей части.

Современные ГТУ на базе авиадвигателей достаточно чувствительны к повышенному сопротивлению на выхлопе, которое обусловлено применением котла-утилизатора. Падение на входе в двигатель (вследствие прохождения воздуха через фильтр) также ведет к снижению эксплуатационных параметров ГТУ.

Несмотря на высокий коэффициент полезного действия, много претензий высказывается в отношении надежности конвертированных ГТУ в эксплуатации и их ремонтпригодности.

Накопленный опыт показывает, что основными проблемами ГТУ являются:

- 1) эксплуатационная готовность и надежность;
- 2) более короткий срок службы форсунок и лопаток;
- 3) снижение эксплуатационных параметров в течение межремонтного периода;
- 4) помпаж в компрессоре;
- 5) проблемы с подшипниками и уплотнениями, а также с ремонтом лопаток.

Если проблемы 2 – 5 успешно решаются (за счет введения текущего технического обслуживания ГТУ, в том числе промывки проточной части, за счет введения в САУ функций противопомпажной защиты, создания ЗИП и технологий частичной замены узлов двигателя в эксплуатации), то по оценке фактического уровня текущей эксплуатационной готовности и надежности ГТУ можно еще многое сделать.

Надежность новых двигателей не определяется в процессе заводских испытаний, хотя результаты стендовых испытаний и могут помочь в оценке некоторых параметров. Реальный уровень надежности ГТУ определяется только в процессе эксплуатации на месте. По существу ГТУ является опытным образцом в течение первых трех лет эксплуатации – пока все основные проблемы не будут выявлены и устранены.

Помочь в этом сможет автоматизированная система диагностики (АСД).

В настоящее время готовятся к сдаточным испытаниям два варианта АСД разработки ОАО «Авиадвигатель»: в составе САУ ГПА МСКУ-5000 и в составе системы мониторинга СДКО.

Автоматизированная система диагностики уже обеспечивает сбор и предварительную обработку фактической информации о состоянии ГТУ и его подсистем, а также формирование и передачу данных в инженерный центр ОАО «Авиадвигатель».

Показатели эксплуатационной готовности и надежности ГТУ регламентируются ГОСТ Р 52527-2006 «Установки газотурбинные. Надежность, готовность, эксплуатационная технологичность и безопасность».

Так, например, эксплуатационная готовность ГТУ может быть выражена соотношением, которое учитывает остановки в результате вынужденных и плановых простоев, а также время вынужденного эффективного простоя:

$$\varepsilon_{Г} = \frac{(T_{Г} - T_{ПП} - T_{ВП} - T_{ЭВП})}{T_{Г}}, \quad (1)$$

где  $T_{Г}$  – базовый временной период (8760 час/год);

$T_{ПП}$  – время планового простоя для технического обслуживания оборудования;

$T_{ВП}$  – время вынужденного простоя;

$T_{ЭВП}$  – эквивалентное время вынужденного простоя.

Эквивалентное (действительное) время вынужденного простоя можно выразить следующим соотношением:

$$T_{ЭВП} = \frac{(P_{О} - P_{Ф}) \cdot T_{ПН}}{P_{О}}, \quad (2)$$

где  $P_{О}$  – проектная мощность ГТУ;

$P_{Ф}$  – действительная мощность ГТУ, полученная при сдаточных испытаниях ГТУ;

$T_{ПН}$  – время работы ГТУ при пониженной нагрузке.

Надежность ГТУ может быть определена процентным соотношением времени фактической и теоретической годовой наработки ГТУ:

$$H = \frac{(T_{Г} - T_{ВП} - T_{ЭВП})}{T_{Г}}. \quad (3)$$

Эксплуатационная готовность и надежность оказывают значительное влияние на одно из важнейших потребительских качеств ГТУ – эксплуатационную экономическую эффективность.

Поэтому определение с помощью АСД их фактических значений в ходе эксплуатации ГТУ позволит иметь объективную информацию об эффективности как отдельной установки, так и всего парка эксплуатируемых ГТУ в целом.

Дополнительно с помощью автоматизированной системы диагностики можно оценивать текущие показатели безотказности всего парка ГТУ, находящихся в эксплуатации.

Проводится расчет следующих показателей безотказности ГТУ:

- средняя наработка на отказ  $T_{О}$ :

$$T_O = \frac{T_P}{H_O}, \quad (4)$$

где  $T_P$  – наработка (время работы) сумма интервалов работы ГТУ в часах с момента розжига камеры сгорания до момента погасания пламени при выключении ГТУ;

$H_O$  – количество отказов ГТУ за рассматриваемое время работы.

По величине, обратной средней наработке на отказ, определяется интенсивность отказов ГТУ.

- средняя наработка на досрочный сьем ГТУ  $T_{ДСД}$ :

$$T_{ДСД} = \frac{T_P}{H_{ДСД}}, \quad (5)$$

где  $H_{ДСД}$  – количество ГТУ, снятых за рассматриваемое время работы.

- средняя наработка на пуск ГТУ  $T_{ЗАП}$ :

$$T_{ЗАП} = \frac{T_P}{H_{ЗАП}}, \quad (6)$$

где  $H_{ЗАП}$  – фактическое количество пусков ГТУ за рассматриваемое время работы.

- коэффициент надежности пусков ГТУ  $K_{ЗАП}$ :

$$K_{ЗАП} = \frac{H_{ЗАП}}{H_{ЗАП\_СУММ}}, \quad (7)$$

где  $H_{ЗАП\_СУММ}$  – общее количество попыток запусков ГТУ за рассматриваемое время работы (с учетом неудачных запусков).

## Выводы

Полученные результаты по каждой ГТУ обрабатываются с целью определения среднего значения показателей по всему парку ГТУ. Осредненное значение сравнивается с уровнем, достигнутым в пре-

дыдущем периоде, и с заданным в техническом задании на ГТУ. Это позволяет оценить текущее состояние всего парка ГТУ.

## Литература

1. Денисов Б.Н., Ященко Ю.Г. Турбинные установки и эксплуатация турбин: Учебник для машиностроительных техникумов. 2-е изд. перераб. – М.: Машиностроение, 1980. – 133 с.
2. Костюк А.Г. Шерстюк А.Н. Газотурбинные установки: учебное пособие для вузов. – М.: Высш. шк, 1979. – 254 с.
3. Седых З.С. Эксплуатация газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом: Справ. пос. – М.: Недра, 1995. – 203 с.
4. Гальянов А.И., Муфтахов Е.М. Методические указания к практическим занятиям по диагностике ГТД – ГНТУ, Уфа, 1995. – 36 с.
5. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа. – М.: Недра, 1991. – 234 с.
6. Вибрационный контроль технического состояния газотурбинных газоперекачивающих агрегатов / Ю.Н. Васильев, М.Е. Бесклетный, Е.А. Игumenцев и др. – М.: Недра, 1987. – 348 с.
7. Карасев В.А., Максимов В.П., Сидоренко М.К. Вибрационная диагностика газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1978. – 284 с.

*Поступила в редакцию 24.05.2007*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.Ш. Нихамкин, Пермский государственный технический университет, Пермь.