

УДК 621.438

**ИНСПЕКЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОРОСКОПА
INSPECTIONS OF GAS TURBINE UNITS USING A BOROSCOPE**

Н.Д. Рудаков, И.Г. Черенкевич

Научный руководитель – С.А. Качан, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Rudakov, I. Cherenkevich

Supervisor – S. Kachan, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** рассмотрены некоторые особенности проведения инспекции ответственных элементов газотурбинных установок с применением оптических бороскопов. Показаны зоны доступа для осмотра и возможные повреждения элементов. Перечислены преимущества использования бороскопов, позволяющих проводить инспекцию без разбора установки.*

***Abstract:** some features of the inspection of the critical elements of gas turbine units using optical borescopes are considered. Access zones for inspection and possible damages of elements are shown. The advantages of using borescopes that allow inspection without disassembling the installation are listed.*

***Ключевые слова:** газотурбинная установка, инспекция, оптический бороскоп.*

***Keywords:** gas turbine unit, inspection, optical borescope.*

Введение

Газотурбинные установки (ГТУ) – это сложное оборудование, которое работает в условиях чрезвычайно высоких температур и повышенных давлений. Во избежание поломок, аварий, внеплановых простоев и других ситуаций, мешающих эксплуатации ГТУ, следует своевременно проводить их осмотр и плановый ремонт. Рассмотрим возможности по обследованию и измерению некоторых критических внутренних компонентов ГТУ без демонтажа наружного корпуса установки, которые проводятся во время А-инспекции.

Основная часть

Современные ГТУ оснащены средствами визуального контроля узлов и элементов роторов компрессора, газовой турбины и секций камеры сгорания с помощью оптического бороскопа (рисунок 1) [1].

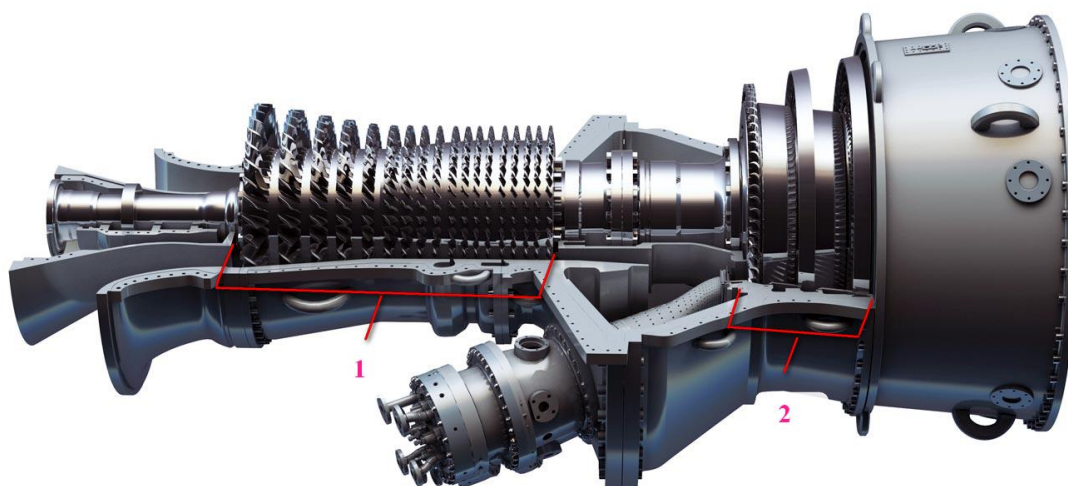
Для бороскопического контроля используются выровненные в радиальном направлении отверстия в корпусах и во внутренних стационарных кожухах ГТУ, предназначенные для введения оптического бороскопа в зоны газового или воздушного тракта неработающей установки (рисунок 2).

Оптические бороскопы используются для визуального контроля вращающихся и неподвижных частей без демонтажа верхней половины корпусов компрессора и турбины (рисунки 3, 4) [2].

Бороскоп позволяет квалифицированному техническому специалисту быстро выполнить осмотр указанных ниже в таблице 1 зон с минимальными временем простоя, трудозатратами и потерями от останова производства.



Рисунок 1 – Внешний вид профессионального бороскопа [1]



1 – 8 групп отверстий, распределенных вдоль оси компрессора; 2 – 5 групп отверстий, распределенны вдоль оси турбины

Рисунок 2 – Места для инспекционного ввода бороскопа на примере ГТУ GE [2]



Рисунок 3 – Осмотр бороскопом горелочной камеры ГТУ типа GT13E2 [2]



Рисунок 4 – Вид на лопатки первой ступени ГТУ типа GE MS5001 на экране бороскопа [2]

Бороскопическую проверку можно выполнять во время планового или внепланового останова. Реализация программы плановых бороскопических проверок позволяет открывать корпус турбины только при необходимости выполнения ремонта или замены деталей.

Необходимо отметить, что расчет интервалов проверок основывается на усредненных режимах работы установок. На основании накопленного опыта, режима работы конфетной установки и используемых видов топлива можно откорректировать длительность интервалов.

Программа бороскопических проверок должна охватывать:

- базовую проверку и регистрацию, как письменно, так и фотографически состояния деталей во время пуска;
- периодические проверки и регистрацию результатов.

Таблица 1 – Зоны контроля бороскопом элементов ГТУ [2]

| Зона доступа | Возможные повреждения |
|--|---|
| Лопатки компрессора | <ul style="list-style-type: none"> – Повреждения посторонними предметами. – Нарастание грязи. – Коррозия. – Эрозия по концам лопаток. – Истончение выходной кромки. – Эрозия основания спрямляющих лопаток. – Зазор над концами лопаток. |
| Камера сгорания (обшивка и переходный отсек) | <ul style="list-style-type: none"> – Нарастание нагара, – Места перегрева. – Образование трещин. – Выпучивание. – Износ. – Отсутствие металла. |
| Сопловые лопатки турбины | <ul style="list-style-type: none"> – Повреждения посторонними предметами. – Коррозия. – Закупорка отверстий охлаждения. – Образование трещин. – Изгиб выходной кромки. – Эрозия. – Выгорание |
| Рабочие лопатки турбины | <ul style="list-style-type: none"> – Повреждения посторонними предметами. – Коррозия. – Газовые раковины. – Эрозия. – Образование трещин. – Зазор над концами лопаток. – Отсутствие металла. |

При этом для исследования камер сгорания потребуется демонтировать топливные форсунки. Перед тем, как продолжить инспекционную проверку камер сгорания, следует убедиться в том, что электрическое питание газовой турбины опломбировано: система пожаротушения деактивирована; система подачи жидкого топлива продута, деактивирована и/или система подачи питающего газа перекрыта.

Заключение

Применение программы контроля с использованием бороскопа позволяет спланировать периоды простоя и предварительно оценить потребность в запасных частях, что приводит к снижению расходов на техническое обслуживание, повышению эксплуатационной готовности и надежности газовой турбины.

Литература

1. Профессиональный бороскоп с функцией автофокусировки [Электронный ресурс] / Профессиональный бороскоп. – Режим доступа: <https://russian.alibaba.com/product-detail/8mm-5M-1080P-HD-Auto-Focus-62205360394.html> /. – Дата доступа: 24.08.2023.
2. Сервисное обслуживание газотурбинных установок [Электронный ресурс] / ОАО «Белэнергоремналадка» PowerPoint Presentation, 2014. – Режим доступа: <https://fr.slideserve.com/javan/5658669> /. – Дата доступа: 24.08.2023.