

лей качества («паутина качества»), на которой наглядно видно, по какому показателю следует принимать управленческие и технические решения. На рис. 1 показан процесс определения уровня качества с помощью четырёх показателей, представленных на диаграмме в виде лучей.

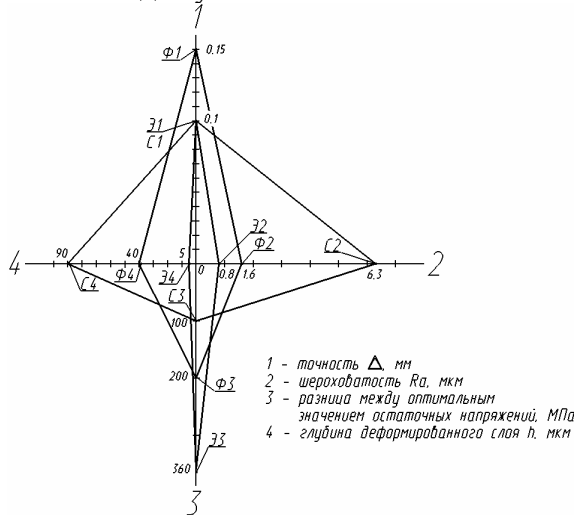


Рис. 1. Диаграмма сопоставления показателей качества

На лучах, как на шкалах, откладываются значения показателей для каждого из технологических процессов. Точки соединяются

между собой отрезками, в результате чего получают три многоугольника. Многоугольник, образованный точками Ф1-Ф4, характеризует совокупность свойств процесса фрезерования, многоугольник точек Э1-Э4 – совокупность свойств процесса ЭХО, точек С1-С4 – свойства процесса сварки трением. Из соотношения площадей многоугольников определяется оптимальная технология с позиции получения продукции высокого уровня качества.

Библиографический список

1. Федюкин, В.К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции / В.К. Федюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Филинь, 2001. – 328 с.
2. Безъязычный, В.Ф. Автоматизация технологии изготовления газотурбинных авиационных двигателей. Под ред. В. Ф. Безъязычного и В. Н. Крылова. – М.: Машиностроение, 2005. – 560 с.
3. Петухов, А.Н. Сопротивление усталости деталей ГТД. – М.: Машиностроение, 1993. – 240 с.

УДК 620.179.16:62-135

О ВОЗМОЖНОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КОМПРЕССОРНЫХ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ЭХО-МЕТОДОМ

Мотова Е.А., Никитина Н.Е.

Нижегородский филиал Учреждения Российской академии наук
Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, г. Нижний Новгород

THE POSSIBILITY OF NONDESTRUCTIVE TESTING OF COMPRESSOR BLADES OF GAS-TURBINE ENGINE BY ULTRASONIC PULSE-ECHO METHOD

Motova E.A., Nikitina N.Ye. The results of nondestructive testing of blades of axial compressor of gas-turbine engine of gas-pumping unit are represented. The experimental investigations were based on ultrasonic pulse-echo method. The opportunities of the nondestructive acoustical method for the studying of the steel structure during the exploitation of blades are demonstrated.

Лопатки осевых компрессоров газотурбинных двигателей являются наиболее ответственными деталями газоперекачивающих агрегатов. При длительной экс-

плуатации в результате усталости металла, коррозионного и эрозионного воздействия среды происходят изменения структуры и

физико-химических свойств материала лопаток, влияющих на их работоспособность.

В настоящее время все более широкое распространение получает неразрушающий контроль деталей машин на различных этапах изготовления, ремонта и эксплуатации. Весьма актуальной проблемой при эксплуатации и ремонте компрессорных лопаток является возможность применения неразрушающего контроля, позволяющего следить за работоспособностью и надежностью деталей газоперекачивающих агрегатов.

Задача существенного повышения надежности и долговечности лопаток осевого компрессора газотурбинного двигателя и других ответственных узлов газоперекачивающего агрегата может быть успешно решена путем применения ультразвукового эхо-метода.

Проведение исследований

Объектами нашего исследования являлись рабочие лопатки пятой ступени осевого компрессора (материал - сталь 12Х13) газотурбинного двигателя газоперекачивающего агрегата ГТК-25И на трех стадиях эксплуатации и ремонта: до ремонта после 50-ти тысяч часов работы (5.1); после ремонта с покрытием нитридом титана (5.2) TiN ; после ремонта и 50-ти тысяч часов эксплуатации (5.3).

Экспериментальные исследования выполнены ультразвуковым эхо-методом с использованием акустического стенда. В состав стенда входит серийный прибор измеритель временных интервалов И2-26, состоящий из блока измерителя временных сдвигов и блока индикатора; блок формирования и усиления импульсов (БФУ) оригинальной конструкции; блок питания БФУ.

Для каждой стадии работы испытуемых деталей проведены акустические измерения, а именно:

- прецизионные измерения времени распространения (задержки) импульсов продольных волн частотой 7 МГц;
- измерения коэффициента затухания продольных волн;
- прецизионные измерения задержек импульсов сдвиговых волн взаимно-

перпендикулярной поляризации частотой 9,5 МГц в материале лопатки;

- измерения коэффициента затухания сдвиговых волн;

Все волны распространялись по нормали к поверхности лопаток, точки контроля были выбраны в средней части вблизи основания пера лопатки.

По результатам измерений вычислены значения скоростей упругих волн и параметры собственной анизотропии материала деталей.

Результаты контроля

На рис. 1 представлены параметры собственной акустической анизотропии a_0 материала рабочих лопаток 5-й ступени.

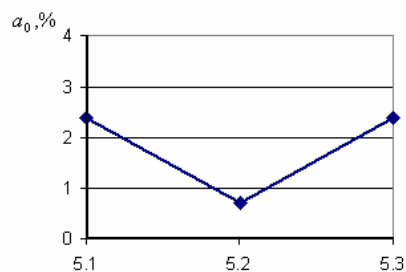


Рис. 1. Параметры собственной акустической анизотропии a_0 материала рабочих лопаток 5-й ступени

В табл. 1 приведены результаты определения скорости сдвиговых волн V_1 параллельной оси лопатки поляризации, величины V_2 перпендикулярной направлению оси поляризации и скорости продольных волн V_3 .

Таблица 1- Результаты определения скорости сдвиговых волн

№ образца	5.1.	5.2	5.3
$V_1, м/сек$	3367	3364	3498
$V_2, м/сек$	3306	3371	3430
$V_3, м/сек$	6015	6073	6265

На рис. 2 представлены результаты вычисления коэффициента затухания a_1 сдвиговой волны параллельной оси лопатки поляризации (кружки), величины a_2 для волн перпендикулярной направлению оси поляризации (квадраты) и коэффициент затухания a_3 продольных волн (ромбы).

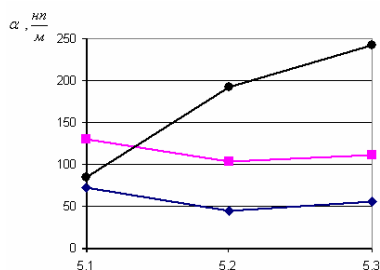


Рис. 2. Результаты вычисления коэффициента затухания α_1

Выводы по результатам контроля

1. Параметры распространения продольных, а особенно сдвиговых, упругих волн весьма чувствительны к изменениям технического состояния материала в процессе его эксплуатации и ремонта.

2. Изменение параметра акустической анизотропии материала рабочих лопаток 5-й ступени указывает на возможность воз-

никновения пластической деформации вдоль оси лопатки при ее эксплуатации.

3. Монотонное увеличение (в три раза) коэффициента затухания сдвиговой волны параллельной оси лопатки поляризации говорит о возможности возникновения расслоений или микротрещин, ориентированных в основном в плоскости, перпендикулярной оси лопатки.

4. В результате экспериментов выявлены перспективные возможности применения неразрушающего контроля для изучения процессов старения и деградации материала компрессорных лопаток газотурбинных двигателей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 10-08-01108.

УДК 621.45.037:004.94

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ НАПРАВЛЯЮЩИХ АППАРАТОВ С СИСТЕМОЙ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБТЕКАНИЕМ ЛОПАТОК

Коротыгин А. А. , Багров С. В. , Пятунин К. Р.

ОАО «НПО «Сатурн», г. Рыбинск

DESIGN OF GUIDE VANES WITH ACTIVE FLOW CONTROL SYSTEM

Korotygin A.A. , Bagrov S. V. , Pyatunin K. R. In this work is offered design and production technology of guide vanes with active flow control system for increasing highly-loaded three-stage compressor stall margin.

Одной из основных тенденций развития многоступенчатых компрессоров является уменьшение числа ступеней при сохранении или росте суммарной степени повышения давления в компрессоре, что приводит к увеличению его нагруженности. При повышении нагруженности перспективных компрессоров лимитирующим фактором становятся запасы устойчивой работы, негативное влияние на которые главным образом оказывают лопатки направляющих аппаратов (НА). Одним из методов борьбы с отрывными течениями является активное управление обтеканием лопаток.

Активное управление обтеканием осуществляется либо подводом дополнительной

массы воздуха в пограничный слой на лопатках НА, либо отсосом пограничного слоя (его части) через щели или пористую поверхность.

В работе предложена конструкция и технология изготовления НА высоконагруженного трёхступенчатого компрессора ($\overline{H}_T \approx 0,39$) с системой активного управления обтеканием лопаток для повышения запасов газодинамической устойчивости. Также разработана и оптимизирована схема подвода/отвода воздуха для данной конструкции НА с учётом влияния на аэродинамические характеристики компрессора.