

$$Nu = 0,032 \cdot (5,2 \cdot 10^5)^{0,8} = 1196,6.$$

Коэффициент теплоотдачи равен:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_{ж}}{l};$$

$$\alpha = \frac{1196,6 \cdot 0,0656}{0,26} = 301,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

С учётом коэффициента теплоотдачи находим площадь поверхности теплообмена:

$$F = \frac{Q}{\alpha \cdot \Delta t} = \frac{330,9}{0,301 \cdot 317} = 3,46 \text{ м}^2, \text{ где } \Delta t -$$

средний температурный напор.

По результатам расчётов получено, что площадь поверхности теплообмена  $F$  должна быть равна  $3,46 \text{ м}^2$ . При высоте трактового канала  $h \approx 0,4 \text{ м}$  протяжённость поверхности теплообмена должна быть  $l \approx 8,7 \text{ м}$ . Те-

плообменник таких размеров невозможно разместить за рёбрами свободной турбины в трактовой полости двигателя. Таким образом, для решения этой задачи необходимо проработать другие варианты расположения теплообменника, например в выхлопном тракте ГТУ.

#### Библиографический список

1. Росляков А.Д., Кочеров Е.П., Цыбизов Ю.И. Возможность использования попутных газов в газотурбинных двигателях, созданных в рамках конверсии // Вестник СГАУ. 2014. №3(27). Ч. 2. С. 248-252.

УДК 621.3.082.5 + 531.781

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 А.И. Данилин, У.В. Бояркина

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

#### BLOCK DIAGRAM OF THE DEVICE OF DETERMINATION OF PARAMETERS OF TORSIONAL FLUCTUATIONS OF SHOVELS OF GTE

Danilin A.I., Boyarkina U.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The block diagram of the device of determination of parameters of torsional fluctuations of shovels of GTE based on the analysis of the light stream reflected from in a special way of the created reflecting surfaces at end faces of shovels is offered. On the basis of the conducted pilot researches of the offered measuring converter the information time parameter allowing to determine parameters of torsional fluctuations of all shovels of a wheel is determined.

В процессе опытной стендовой доводки газотурбинных двигателей (ГТД) для обеспечения безаварийного процесса эксплуатации ГТД есть возможность контролировать рабочее состояние лопаток колеса. Известен способ контроля характеристик отдельных лопаток колеса по их техническому состоянию, когда рабочие лопатки остаются в эксплуатации и после выработки назначенного ресурса до выявления в них деформационных изменений [1].

Схема устройства, реализующего оптоэлектронный способ определения параметров крутильных колебаний, представлена в варианте, приведённом на рис. 1.

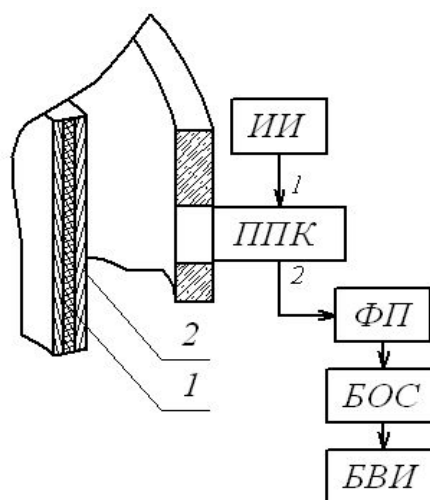


Рис. 1. Структурная схема устройства определения параметров крутильных колебаний лопаток ГТД

При наличии крутильных колебаний лопадки её торец будет разворачиваться в направлении по или против часовой стрелки на некоторый угол. При реализации способа [2] отражающие бороздки 1 и 2 зон лопадки (рис. 1) также повернутся на соответствующий угол относительно плоскости, перпендикулярной оси вращения колеса, изменяя при этом длительности сигналов, полученных при отражении световых потоков от соответствующих зон, т.е.  $\tau_{1i} \neq \tau_{2i}$  (рис. 2).

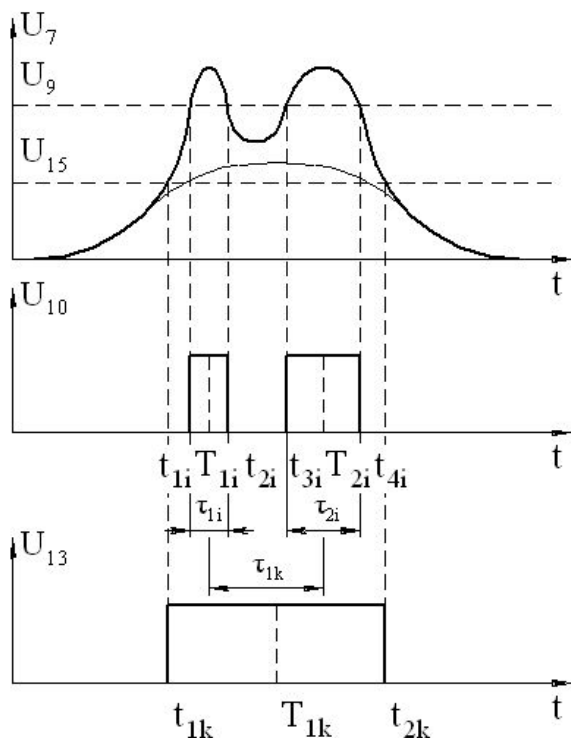


Рис. 2. Временные диаграммы составных операций способа

Для определения деформационных изменений лопаток, вызванных их крутильными колебаниями, в корпусе ГТД устанавливают приёмо-передающий коллектор (ППК) светопроводящей V-образной системы, ответвление 1 подключают к источнику излучения (ИИ), ответвление 2 – к фотоприемнику (ФП). Формируют поток зондирующего излучения и излучают его в направлении траектории движения торцов лопаток колеса.

Излучённый поток, попадая на торцы лопаток, отражается от них и частично попадает на ФП. Выходной сигнал содержит составляющие потоков, полученных от различных отражающих поверхностей торцов лопаток колеса (рис. 2).

В блоке обработки сигналов (БОС), используя два уровня компарирования ( $U_9$ ;  $U_{15}$ ), выделяют сигналы потоков, отражённых зеркально и диффузно. Далее выделяют середины прямоугольных импульсов:

$T_{1i} = \frac{t_{2i} - t_{1i}}{2}$  – середина импульса, соответствующая отражённому потоку от первого участка,

$T_{2i} = \frac{t_{4i} - t_{3i}}{2}$  – середина импульса, соответствующая отражённому потоку от второго участка,

$T_{1k} = \frac{t_{2k} - t_{1k}}{2}$  – середина импульса, соответствующая отражённому потоку от всей поверхности лопатки.

Временной интервал между серединами импульсов, соответствующих отражённым потокам, от первого и второго отражающих участков торца лопадки  $\tau_{1k}$  будет неизменным для всех возможных случаев поворота торца лопадки и поэтому его считают опорным для сравнения с временными интервалами  $\tau_{1i}$  с первой зоны и  $\tau_{2i}$  со второй зоны при определении угла поворота торца лопадки:

$$\tau_{1k} = T_{2i} - T_{1i} = \text{const.}$$

По соотношению между длительностями импульсов потоков, отражённых от первой  $\tau_{1i}$  и второй зоны  $\tau_{2i}$  и временным промежутком  $\tau_{1k}$  между максимумами отражённых потоков от первого и второго отражающих участков торца лопадки судят о параметрах крутильных колебаний лопадки:

$$\Delta_{1i} = \frac{\tau_{1i}}{\tau_{1k}},$$

$$\Delta_{2i} = \frac{\tau_{2i}}{\tau_{1k}},$$

где  $\Delta_{1i}$  и  $\Delta_{2i}$  – относительные временные интервалы, соответствующие  $i$ -ой лопадке. В дальнейшем при определении крутильных колебаний лопадки учитывают только изменение относительного временного интервала.

Таким образом, измеряя временные параметры импульсных сигналов, полученных от взаимодействия торца каждой лопадки с ППК, можно определить угловую упругую раскрутку лопаток.

#### Библиографический список

1. Заблоцкий И.Е., Коростелёв Ю.А., Шипов Р.А. Бесконтактные измерения коле-

баний лопаток турбомашин. - М.: Машиностроение, 1977. 160 с.

2. Бояркина У.В., Щелоков Е.А. Оптоэлектронный способ определения параметров крутильных колебаний лопаток ГТД /

Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции – СГАУ.– Самара: 2015. С. 11.

УДК 621.7+629.735.084

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ДИСЛОКАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ СВАРНОГО ШВА

©2016 А.К. Емалетдинов, Г.И. Каранаева

Уфимский государственный авиационный технический университет

### THE MODELING OF EVOLUTION OF DISLOCATION STRUCTURE AT LASER TREATMENT WELD

Emaletdinov A.K., Karanaeva G.I. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

*A modeling of evolution of dislocation structure at laser processing of surface of materials and for durability of materials after it. The systems of equations of kinetic defects and durability of materials is obtained and analyzed.*

При лазерной обработке поверхности сварного шва происходит термомеханическое упрочнение материала, что повышает долговечность изделия. Рассмотрена плоская модель деформационного состояния бесконечной пластины, которая подвергается нагреву поверхностным источником тепла (лазерным лучом, плазмой). Под действием возникающих неоднородных температурных полей и термоупругих напряжений происходит зарождение вакансий, дислокаций, микротрещин. Эволюция дефектной структуры описывается кинетическими уравнениями. Записана система уравнений кинетики дислокаций, включающая члены: скорости генерации дислокаций источниками, первичной и вторичной плоскостей скольжения, взаимной аннигиляции дислокаций, определяемой температурой, физическими характеристиками дислокаций, взаимных реакций дислокаций разных систем скольжения, размножения дислокаций путём двойного поперечного скольжения, «диффузии» флуктуаций плотностей дислокаций, поглощения

дислокаций на граничных поверхностях. Проведён анализ устойчивости решений системы стационарных уравнений с использованием методов показателей Ляпунова. Построение точных диаграмм для конкретных сплавов позволит прогнозировать изменение дислокационной структуры после лазерной, плазменной обработки металлов и физико-механические свойства изделия. Исследована долговечность при лазерной обработке. Записана система уравнений, описывающая кинетику накопления повреждений и деформационного старения металла и включающая стохастическое уравнение для функции потери ресурса, повреждаемости, изменения структурных и механических свойств. Проведено решение задачи для случая нормальной плотности распределения температурного воздействия лазерного луча, оценено изменение механических характеристик вследствие деформационного упрочнения структурных параметров: плотности дислокаций и внутренних напряжений.