

УДК 621.438

**ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УГЛОВЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ЛОПАСТЕЙ  
ВИНТО-ВЕНТИЛЯТОРНЫХ СТУПЕНЕЙ ГТД  
ДИСКРЕТНО-ФАЗОВЫМ МЕТОДОМ**

© 2003 В.В. Щёголев, В.А. Медников

Самарский государственный аэрокосмический университет

Предложены методы, позволяющие существенно расширить диапазон и(или) повысить точность определения угловых положений периферийных сечений лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) за счет разбивки заданного диапазона измеряемых углов на два поддиапазона, выполнения измерений в одном поддиапазоне с помощью двух первичных преобразователей, в другом поддиапазоне - с помощью одного из этих же двух первичных преобразователей, а также оптимизации размещения первичных преобразователей на корпусе ГТД.

При нахождении параметров движения и колебаний лопаток турбомашин одной из основных задач является определение их угловых положений. Особенно актуально измерение угловых положений лопастей винто-вентиляторных ступеней ГТД, которые имеют большой диапазон углов поворота лопастей, сложность установки датчиков и монтажа измерительной аппаратуры внутри турбомашин.

В настоящее время устройства определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин основаны на способе, изложенном в [1], в котором устанавливаются два периферийных датчика на корпусе турбомашин и корневой датчик; определяют зависимости длины пути прохождения периферийного сечения лопатки между первым и вторым датчиками, от углового положения периферийного сечения лопатки; по полученной зависимости строят обратную зависимость; в процессе работы турбомашин измеряют временные интервалы между моментами времени прохождения периферийных сечений лопаток между первым и вторым датчиками; вычисляют длину пути прохождения периферийного сечения лопатки между первым и вторым датчиками путем умножения временного интервала между моментами времени прохождения периферийного сечения лопатки перед первым и вторым датчиками; на линейную

скорость движения периферийного сечения лопатки, по которому судят об угловых положениях периферийных сечений лопаток турбомашин; “одновременно измеряют временные интервалы между парами импульсов, полученных от корневого датчика и первого периферийного датчика и от корневого и второго периферийного датчика, по которым определяют перемещения  $y_1$  передней и  $y_2$  задней кромок лопаток, угол установки  $\varphi$  определяют из чертежа; а угол поворота профиля  $\chi$  определяют из выражения

$$\operatorname{ctg}\chi = \frac{y_2 - y_1}{g} (1 - \operatorname{ctg}^2\varphi - \operatorname{ctg}\varphi);$$

а положение узла деформации  $g$  относительно датчика из выражения

$g = h \frac{y_2}{y_2 - y_1}$ , где  $h$  – осевое расстояние между датчиками”.

Эти устройства позволяют определять углы установки и раскрутки лопастей в узком диапазоне, т.к. при выходе периферийного сечения лопатки при повороте из зоны чувствительности преобразователей они теряют работоспособность. Для расширения диапазона измеряемых углов сокращают расстояние между датчиками, однако, это приводит к уменьшению точности определения углов установки и раскрутки лопаток турбомашин.

Авторами разработан метод, позволяю-

щий расширить диапазон измеряемых углов и/или в ряде случаев увеличить точность определения углов установки и раскрутки лопастей (лопаток) винто-вентиляторных ступеней ГТД (турбомашин).

Сущность предлагаемого метода поясняется схемами, представленными на рис. 1. На рис. 1 а) показан путь прохождения периферийного сечения лопатки S1, при котором лопатка взаимодействует с первым датчиком; на рис. 1 б) показан путь прохождения периферийного сечения лопатки S2 между положениями ее взаимодействия с первым и вторым датчиками; на рис. 1 в) показана величина смещения первого (ближнего к центру поворота) края периферийного сечения лопатки в резуль-

тате поворота периферийного сечения лопатки в заданном интервале углов и известных координатах центра поворота; на рис. 1 г) показаны погрешности определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин с помощью одного и двух датчиков, с разбивкой заданного диапазона измеряемых углов на поддиапазоны. На рис.1 обозначены: 1 - лопатка с угловым положением  $\alpha$  в момент начала взаимодействия с первым датчиком, 2 - лопатка с угловым положением  $\alpha$  в момент окончания взаимодействия с первым датчиком, 3 - чувствительный элемент (ЧЭ) датчика, 4, 5 – соответственно первый и второй датчики, 6 – хорда периферийного сечения лопатки с угловым положением лопатки

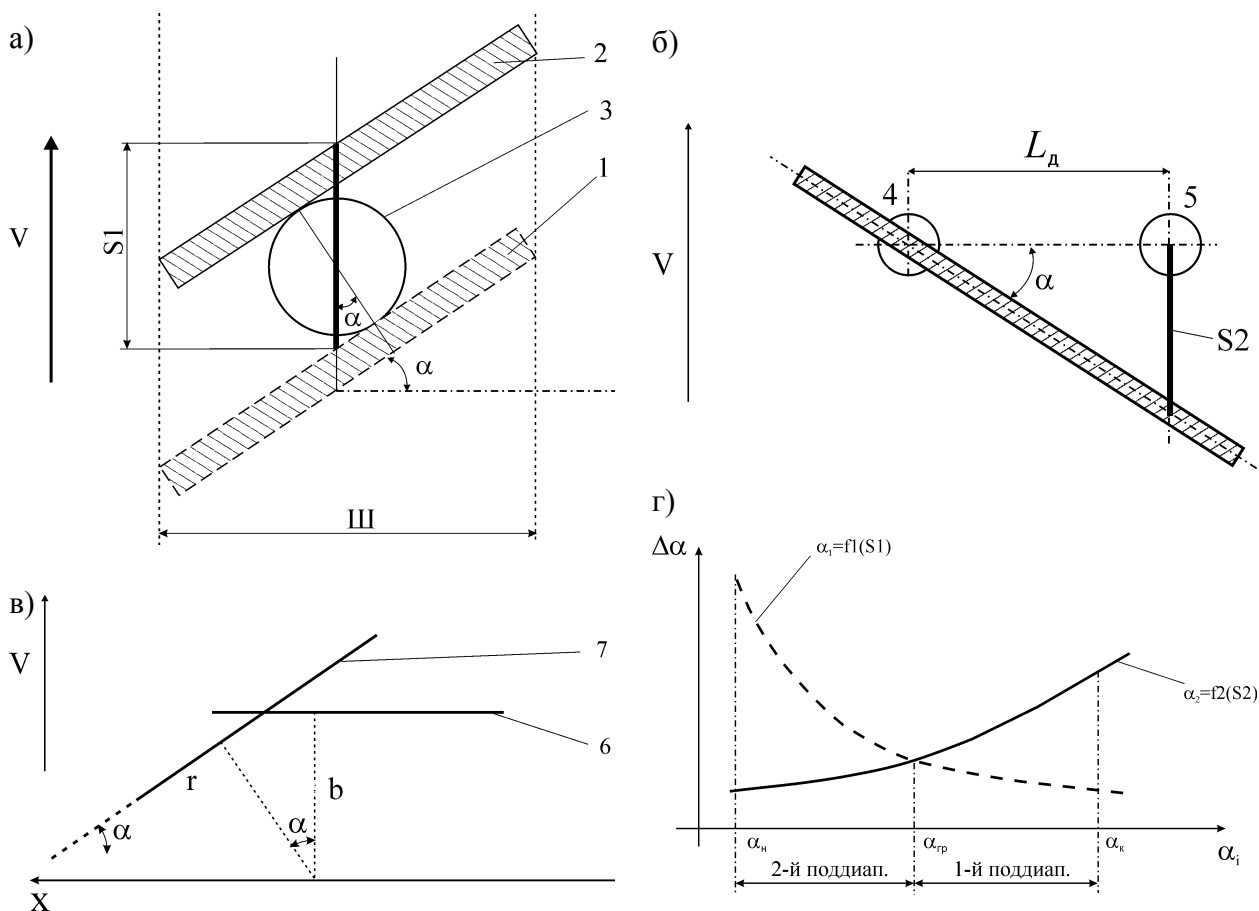


Рис.1. Схемы, поясняющие сущность метода:

- а) – путь прохождения периферийного сечения лопатки S1, при котором лопатка взаимодействует с первым датчиком;
- б) – путь прохождения периферийного сечения лопатки S2 между положениями ее взаимодействия с первым и вторым датчиками;
- в) – величина смещения первого (ближнего к центру поворота) края периферийного сечения лопатки в результате поворота периферийного сечения лопатки в заданном интервале углов и известных координатах центра поворота;
- г) – погрешности определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин с помощью одного и двух датчиков, с разбивкой заданного диапазона измеряемых углов на поддиапазоны:

равным нулю,  $7$  – хорда периферийного сечения лопатки занимающая угловое положение  $\alpha$ ,  $\Pi$  – ширина следа периферийного сечения лопатки,  $b$  – расстояние от центра поворота периферийного сечения лопатки до линии хорды периферийного сечения лопатки,  $L_d$  – расстояние между датчиками,  $r$  – расстояние от проекции центра поворота периферийного сечения лопатки на линию хорды периферийного сечения лопатки до первого (ближнего к первому датчику) края периферийного сечения лопатки (в случае, если проекция центра поворота на линию хорды периферийного сечения лопатки выйдет за пределы хорды периферийного сечения лопатки, величина  $r$  примет отрицательное значение),  $S_1$  – длина пути прохождения периферийного сечения лопатки, при котором лопатка взаимодействует с первым датчиком,  $S_2$  – длина пути прохождения периферийного сечения лопатки между первым и вторым датчиками,  $V$  – вектор линейной скорости движения периферийного сечения лопатки,  $X$  – обозначает координатную ось,  $\Delta\alpha$  – абсолютная погрешность определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин,  $\alpha$  – угловое положение периферийных сечений лопаток турбомашин,  $\alpha_n$  – граница интервалов (угловое положение периферийных сечений лопаток турбомашин, разбивающее заданный диапазон измерения углов на два интервала),  $\alpha_n$  – наименьшее значение измеряемых углов в заданном диапазоне угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин,  $\alpha_k$  – наибольшее значение измеряемых углов в заданном диапазоне угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин,  $\alpha_{tr}$  – значение углового положения лопаток турбомашин на границе первого и второго поддиапазонов,  $\alpha_1=f_1(S_1)$  – зависимость погрешности определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин с помощью одного датчика от  $\alpha_n, \alpha_k=f_2(S_2)$  – зависимость погрешности определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин с помощью двух датчиков от  $\alpha_n, 1$ -й поддиап. и  $2$ -й поддиап. – первый и второй поддиапазоны определения угловых положений периферийных сечений лопаток тур-

бомашин.

Для определения угловых положений периферийных сечений лопаток предлагаемым методом разбивают заданный диапазон измеряемых углов  $[\alpha_n, \alpha_k]$  на два поддиапазона  $[\alpha_n, \alpha_{tr}]$  и  $(\alpha_{tr}, \alpha_k]$ ; устанавливают два периферийных датчика на корпусе турбомашин.

Для первого поддиапазона углов определяют зависимость длины пути периферийного сечения лопатки  $S_1$ , при котором лопатка взаимодействует с первым датчиком, от углового положения периферийного сечения лопатки  $\alpha$ , по полученной зависимости строят обратную зависимость  $\alpha_1=f_1(S_1)$ ; для второго поддиапазона углов определяют зависимость длины пути  $S_2$  прохождения периферийного сечения лопатки между первым и вторым датчиками, от углового положения периферийного сечения лопатки  $\alpha$ , по полученной зависимости строят обратную зависимость  $\alpha_2=f_2(S_2)$ .

Зависимость углового положения периферийного сечения лопатки  $\alpha$  от длины пути  $S_1$ , при котором лопатка взаимодействует с первым датчиком,  $\alpha_1=f_1(S_1)$  в диапазоне определяемых углов  $[\alpha_n, \alpha_k]$  можно получить или теоретически или экспериментально.

Экспериментально зависимость  $\alpha_1=f_1(S_1)$  можно получить следующим образом: устанавливают лопатку под заданным углом периферийного сечения к направлению перемещения, перемещают лопатку, наблюдают за сигналами взаимодействия лопатки с первым датчиком, отмечают положение периферийного сечения лопатки, при котором она начинает взаимодействовать с первым датчиком, отмечают положение периферийного сечения лопатки, при котором ее взаимодействие с первым датчиком прекращается, измеряют расстояние  $L$  между положениями периферийного сечения в начале и по окончании взаимодействия лопатки с первым датчиком, вычисляют длину пути  $S_1$  прохождения периферийного сечения лопатки между положениями начала и окончания ее взаимодействия с первым датчиком с учетом траектории ее движения (например, при движении периферийного сечения лопатки в лопаточном венце по окружности длину пути  $S_1$  вычисляют по фор-

муле:  $S1 = 2R \cdot \arcsin \frac{L}{2R}$ , где R - радиальное расстояние периферийного сечения лопатки от оси вращения ротора), совокупность других пар значений углового положения периферийного сечения лопатки  $\alpha$  и длины пути взаимодействия с первым датчиком S1 определяют аналогичным образом, задаваясь другими возможными значениями углового положения периферийного сечения лопатки, по полученным данным строят зависимость  $\alpha_1(S1)$ .

Например, для лопатки с прямоугольным профилем периферийного сечения зависимость длины пути периферийного сечения лопатки S1, при котором лопатка взаимодействует с первым датчиком, от углового положения ее периферийного сечения, в первом приближении можно определить из выражения:

$$S1(\alpha) = (d + h) \cdot \sec \alpha, \quad (1)$$

где d – диаметр первого датчика, h – толщина лопатки (рис. 1 а).

По полученной зависимости S1( $\alpha$ ) строят обратную ей зависимость  $\alpha_1(S1)$ . Например, для лопатки с прямоугольным профилем периферийного сечения из зависимости (1) получают зависимость:

$$\alpha_1(S1) = \arccos \frac{S1}{d + h}. \quad (2)$$

Зависимость углового положения периферийного сечения лопатки  $\alpha$  от длины пути S2 прохождения периферийного сечения лопатки между первым и вторым датчиками  $\alpha_2=f2(S2)$  в диапазоне определяемых углов [ $\alpha_n$ ,  $\alpha_{гр}$ ] получают или теоретически или экспериментально.

Зависимость  $\alpha_2=f2(S2)$  можно получить экспериментально следующим образом: устанавливают лопатку под заданным углом периферийного сечения  $\alpha$  к направлению перемещения, перемещают лопатку, наблюдают за сигналами взаимодействия лопатки с датчиком, отмечают положение периферийного сечения лопатки, при котором она взаимодействует с первым датчиком, отмечают положение периферийного сечения лопатки, при котором она взаимодействует со вторым датчи-

ком, измеряют расстояние L между положениями периферийного сечения, при которых наблюдаются взаимодействия лопатки с датчиками, вычисляют длину пути S2 прохождения периферийного сечения лопатки между положениями, при которых она взаимодействует с первым и вторым датчиками с учетом траектории ее движения (например, при движении периферийного сечения лопатки в лопаточном венце по окружности длину пути S2 вычисляют по формуле:

$$S2 = 2R \cdot \arcsin \frac{L}{2R}, \text{ где } R - \text{ радиальное расстояние периферийного сечения лопатки от оси вращения ротора), совокупность пар значений углового положения лопатки } \alpha \text{ и длины пути } S2 \text{ описывают искомую зависимость } \alpha_2=f2(S2).$$

Теоретически зависимость  $\alpha_2=f2(S2)$  можно получить, если известен профиль периферийного сечения лопатки. Например, для лопатки с прямоугольным профилем периферийного сечения и расположении датчиков на линии, перпендикулярной вектору линейной скорости движения периферийного сечения лопатки, зависимость длины пути S2 прохождения периферийного сечения лопатки от положения, при котором она взаимодействует с первым датчиком до положения ее взаимодействия со вторым датчиком (рис. 1 б), можно определить из выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S2_x}{L_d},$$

где S2<sub>x</sub> – длина хорды дуги S2; тогда угол  $\beta$

будет равен  $\beta = \frac{S2}{D/2}$ ; в этом случае длина хорды S2<sub>x</sub> будет равна:

$$S2_x = 2 \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2} = D \cdot \sin \frac{S2}{D}.$$

В итоге зависимость для определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин с прямоугольным профилем периферийного сечения с помощью двух датчиков и может быть представлена в виде:

$$\alpha_2(S2) = \operatorname{arctg} \frac{D \cdot \sin\left(\frac{S2}{D}\right)}{L_d};$$

В процессе работы турбомашин измеряют временной интервал  $t_{12}$  между моментами времени прохождения периферийного сечения лопатки между первым и вторым датчиками, длительность импульса  $t_{\text{и}}$ , в течение которого лопатка взаимодействует с первым датчиком и линейную скорость движения периферийного сечения лопатки  $V$ , вычисляют длину пути периферийного сечения лопатки  $S1$ , при котором лопатка взаимодействует с первым датчиком, путем умножения длительности импульса  $t_{\text{и}}$ , в течение которого лопатка взаимодействует с первым датчиком, на линейную скорость движения периферийного сечения лопатки  $V$ ; вычисляют длину пути  $S2$  прохождения периферийного сечения лопатки между первым и вторым датчиками, путем умножения временного интервала  $t_{12}$  между моментами времени прохождения периферийного сечения лопатки перед первым и вторым датчиками, на линейную скорость движения периферийного сечения лопатки  $V$ .

По вычисленным значениям  $S1$  и  $S2$  определяют значения  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  используя зависимости  $\alpha_1=f1(S1)$  и  $\alpha_2=f2(S2)$  соответственно, а угловые положения периферийных сечений лопаток принимают равными  $\alpha_1$ , если  $\alpha_1$  и/или  $\alpha_2$  соответствуют первому поддиапазону угловых положений периферийных сечений лопаток ( $\alpha_{\text{пр}}, \alpha_{\text{к}}$ ); и угловые положения периферийных сечений лопаток принимают равными  $\alpha_2$ , если  $\alpha_1$  и/или  $\alpha_2$  соответствуют второму поддиапазону угловых положений периферийных сечений лопаток [ $\alpha_{\text{н}}, \alpha_{\text{пр}}$ ].

Для еще большего расширения диапазона измеряемых углов и(или) увеличения точности определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин предлагается первый датчик размещать в пределах постоянной части следа периферийного сечения лопатки заданного диапазона измеряемых углов [ $\alpha_{\text{н}}, \alpha_{\text{к}}$ ] по возможности ближе к центру поворота периферийных сечений лопаток и к первому (ближнему к центру поворота) краю периферийного сечения лопатки, второй дат-

чик размещать на возможно большем расстоянии от первого датчика в пределах постоянной части следа периферийного сечения лопатки второго поддиапазона углов [ $\alpha_{\text{н}}, \alpha_{\text{пр}}$ ] в направлении, например, соответствующем угловому положению периферийного сечения лопатки  $(\alpha_{\text{пр}}+\alpha_{\text{н}})/2$ .

Постоянная часть следа периферийного сечения лопатки в заданном диапазоне и(или) поддиапазоне углов представляет собой пересечение множества следов периферийных сечений лопаток для всех возможных угловых положений периферийных сечений лопаток в заданном диапазоне и(или) поддиапазоне углов, соответственно.

Постоянную часть следа периферийного сечения лопатки в заданном диапазоне и(или) поддиапазоне углов можно определить, например, следующим образом:

вычисляют минимальную ширину подвижного следа периферийного сечения лопатки с произвольным профилем периферийного сечения в заданном диапазоне и/или поддиапазоне углов и известных координатах центра поворота:

$$Ш_{\text{подв}}^M = L_{\text{л}} \cdot \cos \alpha,$$

где  $L_{\text{л}}$  – длина хорды периферийного сечения лопатки;  $\alpha$  – угол, соответствующий минимальной ширине подвижного следа периферийного сечения лопатки в заданном диапазоне и(или) поддиапазоне углов;

вычисляют величину смещения первого (ближнего к центру поворота) края периферийного сечения лопатки в результате поворота периферийного сечения лопатки в заданном интервале углов и известных координатах центра поворота:

$$S_{\text{см}} = r(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) + b(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1),$$

где  $r$  – расстояние от проекции центра поворота периферийного сечения лопатки на линию хорды периферийного сечения лопатки до первого (ближнего к центру поворота) края периферийного сечения лопатки (в случае, если проекция центра поворота на линию хорды периферийного сечения лопатки выйдет за пределы хорды периферийного сечения лопатки, величина  $r$  примет отрицательное значение),  $b$  – расстояние от центра поворота пери-

ферийного сечения лопатки до линии хорды периферийного сечения лопатки,  $\alpha_1$  – угол, соответствующий самому правому положению первого (ближнего к центру поворота) края периферийного сечения лопатки в измеряемом диапазоне и(или) поддиапазоне углов (рис. 1 в),  $\alpha_2$  – угол, соответствующий самому левому положению дальнего края периферийного сечения лопатки в измеряемом диапазоне и/или поддиапазоне углов (рис. 1 в).

Вычисляют постоянную часть следа периферийного сечения лопатки в заданном диапазоне и/или поддиапазоне углов:

$$Ш = Ш_{подв}^M - S_{см}.$$

Для еще большего расширения диапазона измеряемых углов и(или) увеличения точности определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин разбивку заданного диапазона измеряемых углов  $[\alpha_n, \alpha_k]$  на два поддиапазона  $[\alpha_n, \alpha_{гр}]$  и  $(\alpha_{гр}, \alpha_k]$  предлагается выполнять следующим образом:

устанавливают первый датчик в пределах постоянной части следа периферийных сечений лопаток всего заданного диапазона измеряемых углов  $[\alpha_n, \alpha_k]$  по возможности ближе к центру поворота периферийных сечений лопаток и к первому (ближнему к центру поворота) краю периферийного сечения лопатки;

для произвольного значения угловых положений периферийных сечений лопаток  $\alpha_i \in [\alpha_n, \alpha_k]$  определяют границу следа второго (дальнего по отношению к первому датчику) края периферийного сечения лопатки, соответствующую угловым положениям периферийных сечений лопаток в диапазоне угловых положений периферийного сечения лопатки  $[\alpha_n, \alpha_i]$ ; отступив внутрь следа от границы следа второго края периферийного сечения лопатки

на величину  $\frac{d}{2} + \delta$  параллельно границам следа строят первую вспомогательную линию, где  $d$  – дополнительное смещение расположения датчика от границы следа, уменьшающее влияние края периферийного сечения лопатки на определение углового положения периферийного сечения лопатки;

вторую вспомогательную линию, проводят от первого датчика в направлении, соот-

ветствующем угловому положению периферийного сечения лопатки  $(\alpha_n + \alpha_i)/2$ ; находят точку пересечения первой и второй вспомогательных линий, в которой виртуально располагают второй датчик;

находят наибольшую абсолютную погрешность  $\Delta\alpha_1$  определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин в первом интервале углов  $[\alpha_k, \alpha_i]$  используя зависимость  $\alpha_1 = f1(S1)$ ; находят наибольшую абсолютную погрешность  $\Delta\alpha_2$  определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин во втором интервале углов  $[\alpha_i, \alpha_n]$  используя зависимость  $\alpha_2 = f2(S2)$ ;

для других границ интервалов  $b_i$  аналогично находят наибольшие абсолютные погрешности  $\Delta b_i$  определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин в первом интервале углов  $[\alpha_k, \alpha_i]$  используя зависимость  $\alpha_1 = f1(S1)$  и наибольшие абсолютные погрешности  $\Delta\alpha_2$  определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин во втором интервале углов  $[\alpha_i, \alpha_n]$  используя зависимость  $\alpha_2 = f2(S2)$ ;

определяют зависимость наибольшей абсолютной погрешности  $\Delta\alpha_1$  определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин в первом интервале углов  $[\alpha_k, \alpha_i]$  от  $\alpha_i$ , используя зависимость  $\alpha_1 = f1(S1)$ ; определяют зависимость наибольшей абсолютной погрешности  $\Delta\alpha_2$  определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин во втором интервале углов  $[\alpha_i, \alpha_n]$  от  $\alpha_i$ , используя зависимость  $\alpha_2 = f2(S2)$ ;

находят такое значение  $\alpha_i = \alpha_{пер}$ , при котором найденные зависимости  $\Delta\alpha_1$  и  $\Delta\alpha_2$  пересекаются (рис. 1 г), и принимают это значение  $\alpha_{пер}$  за граничное значение первого и второго поддиапазонов измерения углового положения лопатки  $\alpha_{гр} = \alpha_{пер}$ .

Граничное значение первого и второго поддиапазонов измерения углового положения лопатки  $\alpha_{гр}$  находят из равенства максимальной абсолютной погрешности определения углов установки и раскрутки периферийных сечений лопаток одним датчиком и максимальной абсолютной погрешности определения углов установки и раскрутки периферийных се-

чений лопаток двумя датчиками, например, для лопаток с прямоугольной формой периферийного сечения:

$$\begin{aligned} & \operatorname{arctg} \frac{D \cdot \sin\left(\frac{\Delta S}{D}\right)}{L_{\perp} \cdot \cos \alpha_{\text{сп}} - 2 \cdot \left(\frac{d}{2} + \delta\right)} = \\ & = \operatorname{arc} \sec \frac{(d+h) \cdot \sec \alpha_{\text{сп}} + \Delta S}{d+h} - \\ & \operatorname{arc} \sec \frac{(d+h) \cdot \sec \alpha_{\text{сп}}}{d+h} \end{aligned}$$

где  $L_{\perp}$  – длина периферийного сечения лопатки.

Зависимости наибольших абсолютных погрешностей определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин можно получить, считая, что погрешность определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин  $\Delta\alpha_1(S1)$  и  $\Delta\alpha_2(S2)$  в первую очередь обусловлена погрешностью определения положений периферийных сечений лопаток  $\Delta S$ . Соответственно, используя зависимости углового положения периферийного сечения лопатки  $\alpha$  от длины пути  $S1$ , при котором лопатка взаимодействует с первым датчиком,  $\alpha_1=f1(S1)$ , и углового положения периферийного сечения лопатки  $\alpha$  от длины пути  $S2$  прохождения периферийного сечения лопатки между первым и вторым датчиками  $\alpha_2=f2(S2)$ , получаем:

$$\Delta\alpha_1(S1) = \alpha_1(S1 + \Delta S) - \alpha_1(S1);$$

$$\Delta\alpha_2(S2) = \alpha_2(S2 + \Delta S) - \alpha_2(S2).$$

Погрешность определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбо-

машин, например, для лопатки с прямоугольным профилем периферийного сечения может быть определена из выражения:

$$\Delta\alpha_1 = \operatorname{arc} \sec \frac{(d+h) \cdot \sec \alpha_i + \Delta S}{d+h} - \operatorname{arc} \sec \frac{(d+h) \cdot \sec \alpha_i}{d+h}.$$

Максимальная погрешность определения угловых положений периферийных сечений лопаток турбомашин, например, для лопатки с прямоугольным профилем периферийного сечения (соответствует условию  $S2=0$ ) может быть определена из выражения:

$$\Delta\alpha_2 = \operatorname{arctg} \frac{D \cdot \sin\left(\frac{\Delta S}{D}\right)}{L_{\perp}},$$

где  $D$  – диаметр ротора турбомашин;  $\Delta S$  – погрешность определения положения периферийного сечения лопатки;  $d$  – диаметр датчика;  $h$  – толщина лопатки.

Использование предлагаемого метода определения угловых положений лопастей (лопаток) винто-вентиляторных ступеней ГТД (турбомашин) в ряде случаев позволяет существенно повысить точность и(или) расширить диапазон определения угловых положений периферийных сечений лопаток ГТД, что может быть использовано в системах управления ГТД.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Заблоцкий И.Е., Коростелев Ю.А., Шипов Р.А.* Бесконтактные измерения колебаний лопаток турбомашин. М.: Машиностроение, 1977.

#### INCREASE OF FUNCTIONALITY'S AT DEFINITION OF ANGLULAR POSITION OF A VARIABLE GUIDE GAS-TURBINE BLADES BY DISCRETE – PHASE METHOD

© 2003 V.V. Shchegolev, V.A. Mednikov

Samara State Aerospace University

The methods which permission to essential expand a range and - or to increase accuracy of definition of angular position a peripheral sections gas-turbine blades by means of separating the range of measuring angles on the two part of the range, to performing the measuring on the one part of the range by means of two sensors, in the other part of the range – by means of one of this sensors, and also optimization to placing sensors on the case of gas-turbines, are offered.