

ром твердого тела по разжимному пуансону. Таким образом, все основные параметры процесса крепления труб с трубной доской по новому методу определяются математическим моделированием в соответствии с алгоритмами расчетов представленной блок-схемы. При заданных физико-механических свойствах материалов труб и трубной доски, их конструктивном исполнении (в т.ч. величине зазора) натяг в основном будет обусловлен степенью развальцовки, получаемой в соединении сваркой взры-

вом. Она будет зависеть от внешней нагрузки $P(t)$, т.е. от схемы нагружения и величины заряда.

Качество соединения определяется его герметичностью и прочностью. Эти параметры всегда оговариваются в технических условиях на изготовление теплообменного аппарата.

Литература

1. Борисевич В. К., Зорик В. Я. Совмещение методов импульсной обработки при закреплении труб в трубных досках. Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. Издание НАКу, вып 22(5) — 94–102.

2. Ситало В. Г., Пахомов С. Н., Бунчук Ю. П., Борисевич В. К., Зорик В. Я. Технологические возможности сварки взрывом при закреплении труб в трубных досках // Технологические системы. — 2003. — № 4. — С. 5–53.

3. Ситало В. Г., Пахомов С. Н., Бунчук Ю. П., Борисевич В. К., Зорик В. Я. Развальцовка взрывом труб, отцентрированных на локальном участке отверстия доски // Технологические системы. — 2004. — № 3. — С. 42–46.

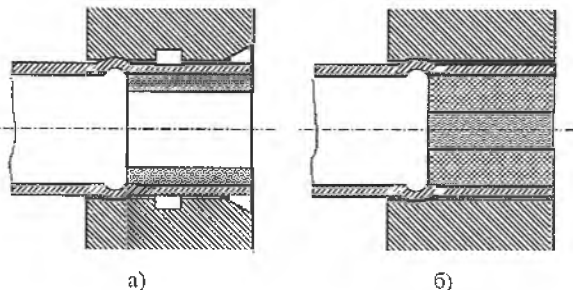


Рис. 3. Схемы развальцовки энергией взрыва

УДК 621.4.002.2 : 629.73.002.72

Кондратюк Э. В.¹, Филимохин Г. Б.²

¹ГП ЗМКБ "Прогресс" им. А. Г. Ивченко. Украина, г. Запорожье.

²Кировоградский национальный технический университет. Украина, г. Кировоград

СБОРКА РОТОРА КВД ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ ДВУХ ПРОБНЫХ СБОРОК И ПОЛНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Анотація

Розглянуто метод повної оптимізації віртуального складання ротору барабанно-дискової конструкції. Реалізовано алгоритм чисельного визначення положень елементів в роторному пакеті.

Abstract

The method of general optimization virtual assembly work of drum rotor is considered. The algorithm of numerical definition position of links in the rotary pack was realized.

Введение

В основе процесса сборки роторов барабанно-дисковой конструкции лежит предположение, что при стыковке двух звеньев образуется кинематическая пара пятого класса, типа цилиндрический шарнир, если условно рассматривать угол поворота одного звена относительно другого как степень свободы. Оптимизация при сборке таких роторов заключается в том, чтобы по характеристикам пар определить такие углы поворота звеньев в роторном пакете, при которых неточности изготовления звеньев будут мак-

симально компенсировать друг друга [1,2]. Традиционно, характеристики пар определяются замером биений посадочных мест отдельных деталей [3]. Однако на практике определение характеристик пар значительно затрудняют такие факторы, как: неплоскостность торцевых и нецилиндричность боковых стыковочных поверхностей; стыковка звеньев по двум и более поверхностям; сравнимость допусков на биения контрольных поверхностей с неточностями изготовления стыковочных поверхностей, и т.п. Поэтому в работе [4] была разработана общая теория метода сборки ротора барабанно-дисковой конструкции, основанная на его двух пробных сборках. В отличие от традиционного метода в нем характеристики пар определяются по замерам биений контрольных поверхностей полностью собранного ротора, что повышает точность их определения. Поскольку метод по-прежнему основан на предположении, что при стыковке двух звеньев ротора образуется кинематическая пара 5-го класса, типа цилиндрический шарнир, то в работе [5] была доказана обоснованность этого предположения при достаточно общих предположениях о характеристиках стыковочных поверхностей звеньев, в том числе и при указанных выше факторах. В рабо-

те [6] разработанный метод был применен для сборки ротора компрессора высокого давления (КВД) авиационного газотурбинного двигателя Д-18Т. При этом для определения оптимальных углов поворотов звеньев применялся метод последовательной оптимизации, основанный на последовательной установке звеньев в роторный пакет с наименьшим эксцентриситетом [1,2]. Однако этот метод имеет недостатки: из-за излишней оптимизации в установке первых звеньев ротора может быть невозможна установка с требуемым качеством последующих звеньев; установка очередного звена с наименьшим эксцентриситетом не гарантирует наименьший перекося звена. Поэтому в настоящей работе для сборки ротора КВД двигателя Д-18Т, вместе с методом двух пробныхборок ротора применяется метод полной оптимизации, который основан на виртуальном (численном) переборе всех возможных вариантов сборки ротора и на выборе среди этих вариантов оптимального [3].

1. Общие сведения о роторе КВД. Подробные сведения о роторе КВД, его элементах, звеньях, парах, о последовательности сборки, расположении контрольных поверхностей, допустимых биениях приведены в работе [6]. Ниже приводятся только самые общие сведения, необходимые для понимания процесса сборки. На схеме ротора (рис. 1, а) показаны элементы, образующие ротор и способ их соединения между собой.

Ротор КВД условно разбивается на следующие пять звеньев:

- 1) вал передний — лабиринт;
- 2) колесо 5 ступени — проставка 6 ступени;
- 3) секция 1...4 ступеней;
- 4) колесо 6 ступени — проставка;
- 5) колесо 7 ступени — вал задний.

Взаимное угловое положение элементов этих звеньев все время остается неизменным.

Пять звеньев образуют четыре пары, в которых:

- 1) звено 2 условно поворачивается относительно звена 1 на угол φ_1 с шагом 20° ;
- 2) звено 3 условно поворачивается относительно звена 2 на угол φ_2 с шагом 10° ;
- 3) звено 4 условно поворачивается относительно звена 2 на угол φ_3 с шагом 30° ;
- 4) звено 5 условно поворачивается относительно звена 4 на угол φ_4 с шагом 20° .

Сборка ротора осуществляется последовательным соединением его звеньев в порядке их нумерации.

На рис. 1, б показано расположение контрольных паспортных и технологических поверхностей. В табл. 1 приведены предельно допустимые значения биений паспортных контрольных поверхностей ротора, определяющих качество сборки ротора.

Расстояния между плоскостями измерений биений $\Gamma_1 - \Gamma_8$ сведены в табл. 2. Они необходимы для расчета оптимальных углов поворота звеньев.

Задача оптимальной сборки ротора состоит в том, чтобы определить такие взаимные повороты звеньев, при которых:

- будет минимальным некоторый функционал качества сборки ротора;

- биения паспортных контрольных поверхностей не превысят предельно допустимых значений.

2. Виртуальная сборка ротора, функционал качества. Для решения задачи полной оптимизации используется виртуальная сборка ротора. Под ней понимается численное определение положений звеньев в роторном пакете.

Для численного определения положений звеньев в роторном пакете используются характеристики пар. Они задают закон движения второго звена пары относительно первого, если условно считать, что второе звено может поворачиваться относительно первого. Обобщенный функционал качества, определяющий качество сборки ротора, имеет вид

$$Q(\varphi_1, \dots, \varphi_4) = \sum_{k=2}^5 \{ \mu_k |e_k(\varphi_1, \dots, \varphi_{k-1})| + \nu_k |\delta_k(\varphi_1, \dots, \varphi_{k-1})| \}, \quad (1)$$

где $\mu_k, \nu_k, |k = \overline{2, N}|$ — некоторые весовые коэффициенты, — эксцентриситет и перекося звена k в роторном пакете.

Положения звеньев в роторе определяются по следующим контрольным поверхностям:

- 1) звено 1 считается идеально установленным на сборочный штатель благодаря специальному центрирующему устройству;
- 2) положение звена 2 определяется радиальными биениями поверхности Γ_5 и торцевыми биениями поверхности Γ_5 ;
- 3) положение звена 3 определяется радиальными биениями поверхности Γ_1 и торцевыми биениями поверхности Γ_1 ;
- 4) положение звена 4 определяется радиальными биениями поверхности Γ_7 и торцевыми биениями поверхности Γ_6 ;
- 5) положение звена 5 определяется радиальными биениями поверхности Γ_8 и торцевыми биениями поверхности Γ_8 .

Эксцентриситет контрольной поверхности измеряется по п. 2. раздела 1 ОСТ 141672-77 — по четырем контрольным точкам на поверхности [7]. Аналогичным образом измеряется перекося контрольной поверхности. Для этого вводятся абсолютная и относительные системы координат, связанные со звеньями [6].

3. Особенности оптимальной сборки ротора методом полной оптимизации.

Для определения оптимальных углов взаимных поворотов звеньев ротор дважды пробно собирается со следующим взаимным поворотом звеньев:

- 1) при первой пробной сборке ротора все звенья устанавливаются в роторный пакет без разворота — их метки "1" совпадают;
- 2) при второй пробной сборке ротора каждое звено разворачивается относительно соседнего звена на 180° [6].

После каждой пробной сборки ротора определяются биения паспортных и технологических контрольных поверхностей ротора, определяющих положение звеньев в роторном пакете. Затем ротор собирается в третий раз с оптимальным взаимным разворотом звеньев. Оптимальные углы поворота звеньев рассчитываются специальной программой,

составленной по результатам работ [4-6]. Программа вычисляет характеристики пар, виртуально собирает ротор при всех возможных вариантах разворотов звеньев, выбирает среди них оптимальный вариант. Ротор собирается последовательным присоединением звеньев. После присоединения очередного звена измеряются фактические (достигнутые) биения его контрольных поверхностей. С их использованием пересчитываются оптимальные углы поворота последующих звеньев. Такая сборка ротора называется полной оптимизацией

[3]. Новым в ее реализации является то, что характеристики пар, необходимые для вычислений, получают методом двух пробных сборок ротора, и в процессе сборки ротора оптимальные углы поворота неустановленных звеньев корректируются в зависимости от фактических биений установленных звеньев.

4. Результаты измерений и расчетные данные, необходимые для оптимизации.

Для оптимальной сборки был выбран ротор, подлежащий ремонту. Перед его разборкой были заме-

Предельно допустимые значения биений

Таблица 1

Поверхность обозначение	Γ_1 (Δ_1)	Γ_2 (Δ_2)	Γ_3 (Δ_3)	Γ_4 (Δ_4)	Γ_5 (Δ_5)	Γ_6 (Δ_6)	Γ_7 (Δ_7)	Γ_8 (Δ_8)	T_8 (δ_8)
Величина, мм	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05

Расстояния между плоскостями измерений биений Γ_1 - Γ_8

Таблица 2

Обозначение	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7
Величина, мм	56	52	79	46	16	28	500

Биения контрольных поверхностей ротора на поворотном сборочном штателе до разборки ротора (первая пробная сборка), мм

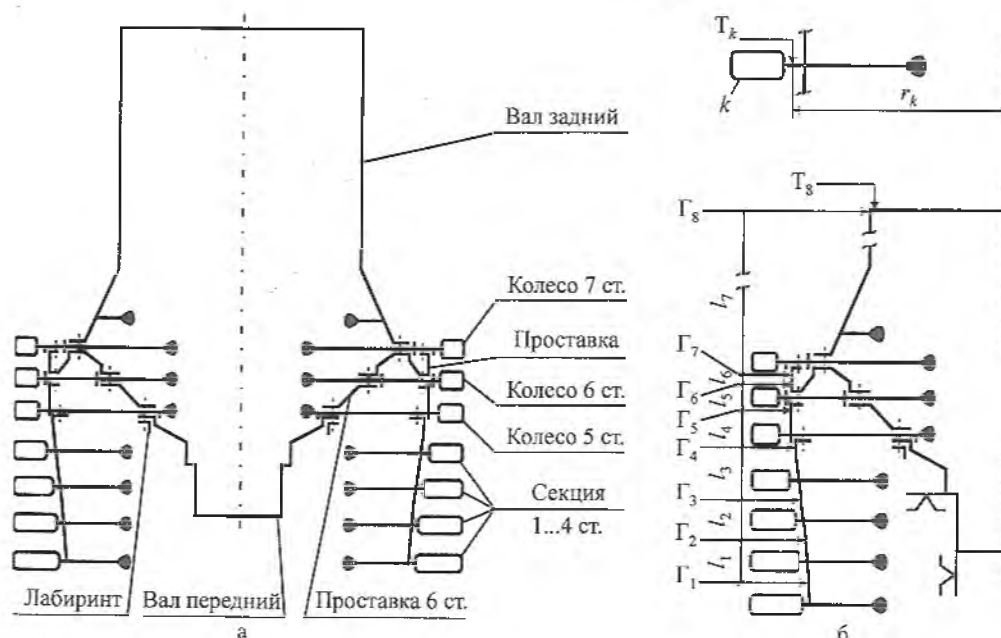
Таблица 3

Пов-ть № величина	Γ_1	Γ_2	Γ_3	Γ_4	Γ_5	Γ_6	Γ_7	Γ_8
Δ_{q1}	0,02	0,01	-0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,01	-0,10
Δ_{d1}	0	0,01	0,02	0	-0,01	0,01	0,01	0,03

Характеристики дисков, радиусы контрольных поверхностей

Таблица 4

Диск №	4	5	6	B3
Величина	T_4	T_5	T_6	T_8
$\delta_{30}, \text{мм}$	-0,03	0,02	0,03	-
$\delta_{40}, \text{мм}$	-0,01	-0,02	0,01	-
$r_k, \text{мм}$	335	341	347	220



рены паспортные и технологические биения (табл. 3). Их анализ показывает, что в роторном пакете со значительным запасом оптимизировано положение первых звеньев ротора, в то время, как радиальные биения вала заднего почти в два раза превышают допустимые значения. Перетяжка болтов вала заднего практически не изменила картину биений. Поэтому возникает вопрос — а можно ли собрать этот ротор так, чтобы биения всех контрольных поверхностей удовлетворяли допускам, но при этом положения первых звеньев не были бы излишне оптимизированы? Исходная сборка ротора (перед ремонтом) была принята за первую пробную сборку, что сэкономило время на ее выполнение.

После разборки ротора были измерены и занесены в табл. 4 эталонные биения дисков и радиусы контрольных поверхностей занесены в табл. 5.

5. Сборка ротора методом полной оптимизации. Программой первоначально рассчитаны следующие оптимальные углы поворота звеньев:

$$\varphi_1 = 20^\circ; \varphi_2 = 350^\circ; \varphi_3 = 0^\circ; \varphi_4 = 0^\circ$$

В процессе сборки ротора эти углы пересчитывались в зависимости от достигнутых (фактических) положений установленных звеньев в роторном пакете. Соответствующие биения контрольных поверхностей ротора занесены в табл. 6.

В результате ротор собран со следующими оптимальными углами поворота звеньев:

$$\varphi_1 = 20^\circ; \varphi_2 = 350^\circ; \varphi_3 = 0^\circ; \varphi_4 = 20^\circ$$

Расхождения между первоначальными и конечными оптимальными углами объясняется тем, что биения звена после его установки в роторный пакет несколько отличаются от расчетных, что влияет на положения последующих звеньев.

6. Алгоритм решения задачи оптимальной сборки ротора по результатам двух пробныхборок с применением метода полной оптимизации.

На рис. 2 представлена укрупненная блок-схема алгоритма решения указанной задачи.

Ниже приводится развернутый алгоритм решения задачи.

1. Блок ввода расчетных данных:

1.1. $N=5$ — количество звеньев;

$$1.2. P = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 2 & 4 \\ 4 & 5 \end{pmatrix} \text{ — матрица, задающая способ}$$

образования $(N-1)$ пар;

1.3. D_s — количество различных положений, в которых можно соединить звено n_s со звеном m_s в паре s , $|s = 1, N-1|$, где $m_s = p_{s,1}$, $n_s = p_{s,2}$;

1.4. L_s — расстояние между плоскостями измерения радиальных биений звена n_s и звена m_s в паре s ;

1.5. $\Delta_{3,j}^{(k)}$, $\Delta_{4,j}^{(k)}$, $\delta_{3,j}^{(k)}$, $\delta_{4,j}^{(k)}$, $|k = 1, N; j = 0, 1/2|$ — координаты (биения) звена k при идеальной установке — $j = 0$, в роторном пакете после первой — $j = 2$ второй — $j = 1$ пробной сборки (по условию идеальной установки звена $1 \Delta_{3,j}^{(1)} = \Delta_{4,j}^{(1)} = \delta_{3,j}^{(1)} = \delta_{4,j}^{(1)} = 0$, $|j = 0, 1, 2|$);

1.6. r_k , $|k = 2, N|$ — радиус, на котором измеряется торцевое биение звена k ;

1.7. $e \max_k$, $\delta \max_k$, $|k = 2, N|$ — максимально допустимые эксцентриситет и перекос звена k в роторном пакете;

1.8. μ_k , ν_k , $|k = 2, N|$ — весовые коэффициенты функционала качества;

1.9. $Q' = -1$ — начальное значение функционала качества, меньшее нуля (в дальнейшем будет изменено программой, только если возможна сборка ротора с удовлетворением ограничений на эксцентриситеты и перекосы).

II. Блок расчета характеристик пар.

$$2.1. e_j^{(k)} = -\frac{1}{2} [\Delta_{3,j}^{(k)} - \Delta_{3,0}^{(k)} = i(\Delta_{4,j}^{(k)} - \Delta_{4,0}^{(k)})],$$

$$\delta_j^{(k)} = \delta_{3,j}^{(k)} - \delta_{3,0}^{(k)} + i(\delta_{4,j}^{(k)} - \delta_{4,0}^{(k)}),$$

$|k = 2, N; j = 1, 2|$ — эксцентриситет и перекос звена k в роторном пакете относительно его собственной системы координат после первой ($j = 1$) и второй ($j = 2$) пробныхборок;

$$2.2. \tilde{e}_j^{(n_s)} = e_j^{(n_s)} (-1)^{j-1} - e_j^{(m_s)} - \frac{L_s}{2r_{m_s}} \delta_j^{(m_s)}$$

$$\tilde{\delta}_j^{(n_s)} = \delta_j^{(n_s)} (-1)^{j-1} - \delta_j^{(m_s)}$$

$|s = 1, N-1; j = 1, 2|$ — эксцентриситет и пере-

Таблица 5

Биения контрольных поверхностей ротора на поворотном сборочном штапеле после второй пробной сборки, мм

Пов-ть № Величина, мм	Γ_1	T_4	Γ_5	T_5	Γ_7	T_6	Γ_8	T_8
$\Delta_{32} (\delta_{32})$	0,12	0,12	0,12	0,11	-0,18	0,05	0,11	-0,07
$\Delta_{42} (\delta_{42})$	0,13	0,07	0,10	-0,12	-0,17	-0,11	0,37	-0,19

Таблица 6

Фактические биения контрольных поверхностей ротора, участвующие в определении положений следующих звеньев, мм

Пов-ть № Величина, мм	Γ_5	T_5	Γ_7	T_6
$\Delta_{32} (\delta_{32})$	0,03	0,04	0,01	0,03
$\Delta_{42} (\delta_{42})$	-0,03	0,01	-0,01	-0,04

кос звена относительно звена в системе координат звена; после первой ($j = 1$) и второй ($j = 2$) пробных сборок;

$$2.3. \quad e_{cp_s} = \frac{\tilde{e}_1^{(n_s)} + \tilde{e}_2^{(n_s)}}{2}, \quad \Delta e_s = \frac{\tilde{e}_1^{(n_s)} - \tilde{e}_2^{(n_s)}}{2}$$

$$\delta_{cp_s} = \frac{\tilde{\delta}_1^{(n_s)} + \tilde{\delta}_2^{(n_s)}}{2}, \quad \Delta \delta_s = \frac{\tilde{\delta}_1^{(n_s)} - \tilde{\delta}_2^{(n_s)}}{2}$$

— характеристики пары $s/s = 1, N-1/$

III. Блок ввода фактических биений первого установленного звена пары s .

3.1. $s = 1$ — сборка ротора начинается соединением звеньев первой пары.

3.2. На сборочном штателе замеряются фактические биения установленного звена m_s пары s , с которым будет стыковаться звено n_s : $\Delta_{33}^{(m_s)}$, $\Delta_{43}^{(m_s)}$, $\delta_{33}^{(m_s)}$. Локальная система координат звена m_s принимается за абсолютную. Для первого звена — вала переднего, биения принимаются равными нулю.

3.3. Вычисляются фактический эксцентриситет и перекос звена в его собственной системе координат:

$$e_{m_s} = -\frac{1}{2} [\Delta_{33}^{(m_s)} - \Delta_{30}^{(m_s)} + i(\Delta_{43}^{(m_s)} - \Delta_{40}^{(m_s)})]$$

$$\delta_{m_s} = \delta_{33}^{(m_s)} - \delta_{30}^{(m_s)} + i(\delta_{43}^{(m_s)} - \delta_{40}^{(m_s)})$$

IV. Блок виртуальной сборки (досборки) ротора и поиска оптимальных углов поворота (неустановленных) звеньев.

4.1. Если $s = 2$, то $\psi_1 = 0$ и переход на Цикл 2, если $s = 3$, то $\psi_1 = 0$ и переход на Цикл 3, если $s = 4$, то $\psi_3 = 0$ и переход на Цикл 4.

4.2. Цикл 1 по переменной $i_1 = 1, 2, \dots, D_1$ — установка звена 2 на звено 1 в различных положениях.

4.2.1. $i_1 = 1$;

4.2.2. $\phi_1 = 360^\circ \cdot (i_1 - 1) / D_1$ — текущий угол поворота звена 2 относительно звена 1 в паре 1;

4.2.3. $\psi_1 = \phi_1$ — текущий абсолютный угол поворота звена 2 (относительно звена 1, выбранного за начальное звено);

4.2.4. $e_2 = e_{cp_2} + \Delta e_2 e^{-i\psi_1}$, $\delta_2 = \delta_{cp_2} + \Delta \delta_2 e^{-i\psi_1}$ — текущий эксцентриситет и перекос звена 2 в абсолютной системе координат звена 1;

4.2.5. если $|e_2| > e \max_2$ или $|\delta_2| > \delta \max_2$, то переход на п. 4.6 — конец цикла 1.

4.3. Цикл 2 по переменной $i_2 = 1, 2, \dots, D_2$ — установка звена 3 на звено 2 в $D_2 = 36$ различных положениях.

4.3.1. $i_2 = 1$;

4.3.2. $\phi_2 = 360^\circ \cdot (i_2 - 1) / D_2$ — текущий угол поворота звена 3 относительно звена 2 в паре 2;

4.3.3. $\psi_2 = \psi_1 + \phi_2$ — текущий абсолютный угол поворота звена 3 (относительно звена 1);

$$4.3.4. \quad e_3 = e_{cp_3} e^{-i\psi_1} + \Delta e_3 e^{-i\psi_2} + e_2 + \frac{L_2}{2r_2} \delta_2,$$

$\delta_3 = \delta_{cp_3} e^{-i\psi_1} + \Delta \delta_3 e^{-i\psi_2} + \delta_2$ — текущий эксцентриситет и перекос звена 3 в абсолютной системе координат звена 1;

4.3.5. если $|e_3| > e \max_3$ или $|\delta_3| > \delta \max_3$, то переход на п. 4.7 — конец цикла 2.

4.4. Цикл 3 по переменной $i_3 = 1, 2, \dots, D_3$ — установка звена 4 на звено 2 в $D_3 = 12$ различных положениях.

4.4.1. $i_3 = 1$;

4.4.2. $\phi_3 = 360^\circ \cdot (i_3 - 1) / D_3$ — текущий угол поворота звена 4 относительно звена 2 в паре 3;

4.4.3. $\psi_3 = \psi_1 + \phi_3$ — текущий абсолютный угол поворота звена 4 (относительно звена 1);

$$4.4.4. \quad e_4 = e_{cp_4} e^{-i\psi_1} + \Delta e_4 e^{-i\psi_3} + e_2 + \frac{L_3}{2r_2} \delta_2$$

$\delta_4 = \delta_{cp_4} e^{-i\psi_1} + \Delta \delta_4 e^{-i\psi_3} + \delta_2$ — текущий эксцентриситет и перекос звена 3 в абсолютной системе координат звена 1;

4.4.5. если $|e_4| > e \max_4$ или $|\delta_4| > \delta \max_4$, то переход на п. 4.6 — конец цикла 3.

4.5. Цикл 4 по переменной $i_4 = 1, 2, \dots, D_4$ — установка звена 5 на звено 4 в различных положениях.

4.5.1. $i_4 = 1$;

4.5.2. $\phi_4 = 360^\circ \cdot (i_4 - 1) / D_4$ — текущий угол поворота звена 5 относительно звена 4 в паре 4;

4.5.3. $\psi_4 = \psi_3 + \phi_4$ — текущий абсолютный угол поворота звена 5 (относительно звена 1);

$$4.5.4. \quad e_5 = e_{cp_5} e^{-i\psi_3} + \Delta e_5 e^{-i\psi_4} + e_4 + \frac{L_4}{2r_4} \delta_4$$

$\delta_4 = \delta_{cp_4} e^{-i\psi_1} + \Delta \delta_4 e^{-i\psi_3} + \delta_2$ — текущий эксцентриситет и перекос звена 3 в абсолютной системе координат звена 1;

4.5.5. если $|e_5| > e \max_5$ или $|\delta_5| > \delta \max_5$ — переход на конец цикла 4.

$$4.5.6. \quad Q = \sum_{k=m+1}^N \{ \mu_k |e_k| + \nu_k |\delta_k| \} - \text{функционал качества, построенный для текущей сборки ротора.}$$

4.5.7. Если $Q < Q^*$ или $Q^* < 0$, то:

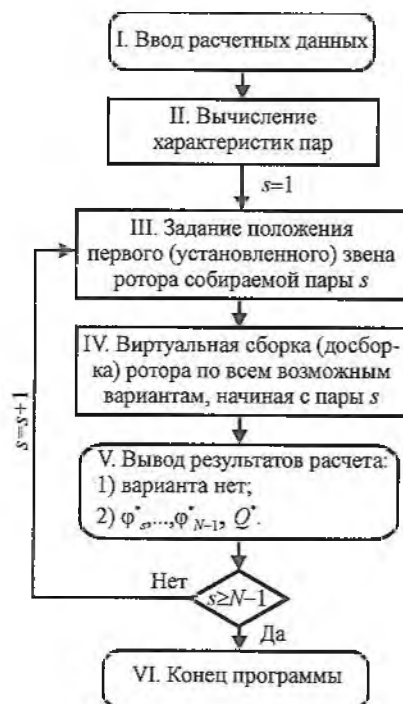


Рис. 2. Укрупненная блок-схема алгоритма сборки ротора

$Q^* = Q$ — новое минимальное значение функционала;
 $\Phi_s = \Phi_s, \dots, \Phi_{N-1} = \Phi_{N-1}$ — новые оптимальные относительные углы поворота звеньев.

4.6. Конец цикла 4 — для $s \leq 4$: если $i_4 < D_4$, то $i_4 = i_4 + 1$ и переход на п.п. 4.5.2. цикла 4.

4.7. Конец цикла 3 — для $s \leq 3$: если $i_3 < D_3$, то $i_3 = i_3 + 1$ и переход на п.п. 4.4.2. цикла 3.

4.8. Конец цикла 2 — для $s \leq 2$: если $i_2 < D_2$, то $i_2 = i_2 + 1$ и переход на п.п. 4.3.2. цикла 2.

4.9. Конец цикла 1 — для $s = 1$: если $i_1 < D_1$, то $i_1 = i_1 + 1$ и переход на п.п. 4.2.2. цикла 1.

V. Блок вывода результатов расчета.

5.1. Если $Q^* < 0$, то:
 вывести "ротор собрать невозможно";
 переход на конец программы.

как линейной, так и ветвящейся структуры;

2) в процессе сборки ротора необходимо пере-
 считывать оптимальные углы поворотов неустанов-
 ленных звеньев, в зависимости от фактических по-
 ложений установленных звеньев;

3) ротор, собираемый с применением метода
 полной оптимизации, не всегда можно собрать ме-
 тодом последовательной оптимизации;

4) при ремонте ротора за первую сборку целесо-
 образно принимать ротор до разборки;

5) возможна ситуация, когда ротор невозможно
 собрать с присмлемым качеством из-за дефектности
 пар, в связи с чем ставит актуальной задача по выде-
 лению и анализу дефектных пар.

Таблица 7

Биения паспортных контрольных поверхностей ротора на поворотном сборочном штателе после
 окончательной (третьей) сборки, мм

Пов-ть № величина	Γ_1	Γ_2	Γ_3	Γ_4	Γ_5	Γ_6	Γ_7	Γ_8	Γ_9
$\Delta_{33} (\delta_{33})$	-0,01	-0,01	-0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	-0,03	-0,03
$\Delta_{43} (\delta_{43})$	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,03	-0,02	-0,01	0,04	0,01
$\Delta (\delta)$	0,032	0,022	0,022	0,022	0,042	0,028	0,014	0,05	0,032

5.2. Вывести:

Q^* — минимальное значение функционала качества;
 $\Phi_s, \dots, \Phi_{N-1}$ — оптимальные относительные углы
 поворота звеньев.

5.3. Если $s < (N - 1)$ — не все звенья установле-
 ны, то $s = s + 1$ и переход на п.п. 3.2 блока III, ина-
 че — переход на VI — конец программы.

VI. Конец программы.

7. Этап контроля. Собранный ротор устанавли-
 вается в контрольное поворотное устройство и про-
 изводится замер биений паспортных контрольных
 поверхностей. Результаты измерений занесены в
 табл. 7.

По биениям Δ и δ для T_8 видно, что:

- они удовлетворяют требованиям чертежа;
- биения первых звеньев роторного пакета увели-
 чились по сравнению с биениями, замеренными до
 разборки ротора, а биения вала заднего уменьши-
 лись и вошли в требуемые пределы.

Выводы

Анализ полученных результатов позволяет сде-
 лать следующие выводы и разработать такие реко-
 мендации по сборке роторов барабанно-дисковой
 конструкции:

1) метод сборки роторов барабанно-дисковой
 конструкции, основанный на методе двух пробных
 борок и полной оптимизации, применим к роторам

Литература

- ОСТ 141185-72 "Ротор компрессора с диска-
 ми, имеющими торцевые зубья. Типовой технологи-
 ческий процесс сборки ротора".
- ОСТ 1-76086-71 "Прибор для определения оп-
 тимального положения дисков при сборке ротора
 компрессора".
- Непоминцев В. В. Разработка технологических
 основ обеспечения качества сборки высокоточных
 узлов газотурбинных двигателей / Дисс. ... докт.
 техн. наук. — Рыбинск: РГАТА, 2000. — 356 с.
- Кондратюк Э. В., Титов В. А., Филимони-
 хин Г. Б. Сборка ротора барабанно-дисковой кон-
 струкции методом двух пробныхборок // Техно-
 логические системы. — 2005. — №1. — С. 30 — 34.
- Кондратюк Э. В., Титов В. А., Филимони-
 хин Г. Б. Учет коробления и неточности изготовле-
 ния деталей при прогнозировании результатов сбор-
 ки роторов ГТД // Вестник двигателестроения. —
 2005. — №1. С. 61— 68.
- Кондратюк Э. В. Сборка ротора КВД турборе-
 активного двигателя Д-18Т методом двух пробных
 борок и последовательной оптимизации // Техно-
 логические системы. — 2005. — № 2. — С. 10—16.
- ОСТ 1.4167-77 "Статическая балансировка ро-
 торов ГТД путем распределения лопаток в дисках.
 Метод анализа".

УДК 347.77.028: 347.77.003.19

Забашта В. Ф., Забашта Ю. В.

ООО "Центр экспертной оценки имущества предприятий и бизнеса (ЦЭОИПБ)". Украина, г. Киев

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ПРОЦЕССУ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ
ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

(Третья часть — Развёрнутый системно-информационный анализ)

Анотація

Мова йде про системний підхід та його складової частини — прийняття рішень до процесів оцінки авіатехніки. Вирішення цього питання залежить від наявності позитивної інформаційної ситуації в системі, насамперед, від значень показників повноти, корисності та цінності інформації; від цінності джерел інформації, з якими оперує особа, що приймає рішення в процесі оцінки; від використання теоретичних знань та аналогій. В статті визначені вимоги і підходи щодо формування необхідного рівня інформаційного потенціалу технологічної системи на основі наукових обґрунтувань, практичних підтверджень та адекватних способів звертання до інформації.

Abstract

The matter is about the system approach and its component — taking decisions concerning processes of aeronautical engineering assessment. Solution of this issue depends on availability of positive information situation in the system, first of all, on values of fullness, usefulness and worth of information; on value of information sources, which a person operates with, who takes decisions in the processes of assessment; on the use of theoretical knowledge and analogies. The article defines requirements and approaches regarding formation of necessary level of technological system information potential on the basis of scientific substantiations, practical proofs and adequate means of approaches to information.

Символы и обозначения

$ObAT$ — оцениваемый объект авиационной техники.

$ТС$ — технологическая система. A, B, C — технологические подсистемы.

J — задающая целенаправленная информация (рабочий вход).

$ТЭИ$ — технико-экономическая информация.

N — число различных информационных элементов.

Ob_0 — неидентифицированный по износу (обесценению) $ObAT$.

Ob_s — идентифицированный (в отношении состояния) объект оценки.

Ob_v и Ob_R — предварительно и окончательно оцененные объекты.

$R_q(t)$ — итоговая величина стоимости $ObAT$, реализующая цель оценки.

R^0 — "единственно" верная или "истинная" величина стоимости $ObAT$ (используется в схеме формализации).

$ЛПР$ — лицо, принимающее решение.

Введение

Как уже отмечалось [9], успешное решение проблем делового мира в области определения стоимости сложной техники, неразрывно связано с системным подходом и его важной составной частью — принятием решений (ПР). При этом под решением понимается — процесс выбора цели, способы её достижения в существующем информационном пространстве¹ при осознанной неопределенности результата оценки $ObAT$ и обоснованном санкционировании его выбора. Таким образом, речь идет об рациональном (оптимальном) методе решения поставленной задачи в сочетании с принципом достаточного обоснования положений и выводов. Реализация этого принципа в процессе достижения цели тесно связана с количеством и качеством информации.

Согласно [11] "цель — это информация о субъективной ценности (полезности), которой человек намерен добиться". По Н. Винеру, с помощью информации система защищается от возрастания своей энтропии. Максимальная ценность информации достигается лишь в том случае, если этой информации необходимо и достаточно, чтобы реализовать поставленную цель [24].

В [9] было показано, что процесс определения стоимости $ObAT$ может быть представлен в виде технологической системы ($П_0$ -система). Речь идет о переходе от "авиационного действительного мира" или $АД$ -мира в область оценочного моделирования этого мира или в $ОМ$ -область. При этом методология перехода в модельную $П_0$ -систему опирается как на логико-аналитические методы, так и на технико-экономическую информацию ($ТЭИ$)², как важное средство достижения цели. Данная статья посвящена информационному обеспечению процесса оценки $ObAT$ и является продолжением первых двух статей (макроподход и переход к микроподходу [9]). При макроподходе было проведено описание и эмпирическое моделирование двух уровней системы — информационного и функционального с использованием упрощенных формальных средств. Здесь была предпринята попытка выявить логический скелет $П_0$ -системы. Проведенные исследования [8, 9] позволили выполнить углубленную декомпо-

¹ Сюда, естественно, относится и привлекаемая информация теоретических исследований.

² В ряде случаев используется информация и конъюнктурно-коммерческого характера.