



Рис. 2. Схема проведения эксперимента

УДК 621.757

**РАСЧЁТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СБОРОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ С УЧЁТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

© 2018 В.Ф. Безъязычный, М.А. Прокофьев

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева

**CALCULATION OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF ASSEMBLY JOINTS WITH
INTERFERENCE, TAKING INTO ACCOUNT TECHNOLOGICAL CONDITIONS
OF PROCESSING THE MATING SURFACES OF MACHINE PARTS**

Bezjazychnyj V.F., Prokof'ev M.A. (P.A. Solovjov Rybinsk state aviation technical University, Rybinsk, Russian Federation)

The technique of calculation of the strength characteristics of assembly joints with interference taking into account the conditions of processing of the mating surfaces of the parts: cutting data, geometry of the cutting tool, properties of processed and tool materials.

Обеспечение требуемых прочностных характеристик соединений с натягом зависит не только от выбора посадки в соединении, физико-механических свойств материалов деталей, но также от технологических условий обработки контактируемых поверхно-

стей. Однако, в настоящее время расчётный натяг в соединении δ_p определяется по формуле [1]:

$$\delta_p = \delta_H - 1,2(R_{z_1} + R_{z_2}), \text{ мм},$$

где δ_H – номинальный натяг в соединении, определяемый из таблицы для конкретного соединения или задаваемый на чертеже изделия (определяется из условий заданной посадки сопряжения); R_{z_1} и R_{z_2} – высота неровностей сопрягаемых поверхностей, соответственно первой и второй деталей.

Согласно приведённой зависимости для определения δ_p её значение зависит только от высоты неровностей на обрабатываемых поверхностях, что не учитывает микротвёрдость сопрягаемых поверхностей детали. С позиции физики процесса обеспечения контакта поверхностей это некорректно, так как на значение натяга оказывает влияние и микротвёрдость поверхностного слоя сопрягаемых деталей.

Последнее может быть учтено, если определение значения расчётного натяга учитывается через комплекс технологических условий обработки (режим резания, геометрию режущей части инструмента, механические и физические свойства обрабатываемого и инструментального материалов) который определяет не только шероховатость поверхностного слоя после обработки, но и физико-механические свойства материала поверхностного слоя детали.

Давление на поверхности контакта в сборочном соединении с натягом определяется по формуле [1]

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta_p}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (1)$$

где d – номинальный диаметр сопряжения, мм; E_1 и E_2 – модули упругости материалов охватываемой и охватывающей поверхности деталей, МПа, соответственно; C_1 и C_2 – безразмерные коэффициенты, зависящие от размеров и свойств материалов сопрягаемых деталей [1].

Исследованиями установлено, что модуль упругости материала детали вследствие воздействия на него в процессе обработки теплового и силового факторов изменяется [2]. При механической обработке модуль упругости материала поверхностного слоя де-

тали $E_{обр}$ определяется следующей зависимостью:

$$E_{обр} = C \cdot A^K, \quad (2)$$

где A – энергетический критерий подобия процесса резания, который определяется по формуле профессора Силина С. С. [3]; C и K – величины, зависящие от материала обрабатываемой детали [1]:

$$A = \frac{1}{\frac{2,85 E^{0,1}}{B^{0,43} \sin_{0,05} \alpha} + 0,6625 \frac{\Gamma D^{0,3} E^{0,175}}{B \sin^{0,165} \alpha}},$$

где $B = \frac{v a_1}{a}$ безразмерный комплекс процесса резания, характеризующий степень влияния режимных условий процесса резания по сравнению с влиянием теплофизических свойств обрабатываемого материала; v – скорость резания, м/с; a_1 – толщина сечения среза, м; a – температуропроводность обрабатываемого материала, м/с²; $\Gamma = \frac{\lambda_p}{\lambda} \beta \cdot \varepsilon$ –

безразмерный комплекс, отражающий влияние геометрии инструмента и отношения теплопроводности инструментального и обрабатываемого материалов; λ и λ_p – коэффициенты теплопроводности обрабатываемого и инструментального материалов, Дж/м, с °С; β и ε – угол заострения и угол при вершине резца в плане, рад; $D = \frac{a_1}{b_1}$ – безразмерный

комплекс, характеризующий геометрию сечения среза; b_1 – ширина сечения среза;

$E = \frac{\rho_1}{a_1}$ – безразмерный комплекс, характеризующий влияние на процесс резания геометрической формы режущей кромки резца; ρ_1 – радиус округления режущей кромки резца, м;

Тогда формула (1) для расчётного определения давления в зоне контакта сопрягаемых поверхностей будет иметь вид

$$p = \frac{1}{d} \left[\frac{\delta_p}{\left(\frac{C_1}{(CA_K)_1} + \frac{C_2}{(CA_K)_2} \right)} \right], \quad (3)$$

где $(CA_K)_1$ и $(CA_K)_2$ – значение модулей упругости материалов сопрягаемых деталей.

Осевая сила P_o и крутящий момент $M_{кр}$ будут определяться по следующим форму-

лам при изготовлении деталей из разных материалов

$$P_o = \pi \cdot l f_{oc} \frac{\delta_H - 1,2(Rz_1 + Rz_2)}{\left[\frac{C_1}{(CA^K)_1} + \frac{C_2}{(CA^K)_2} \right]},$$

$$M_{кр} = \pi d l f_{кр} \frac{\delta_H - 1,2(Rz_1 + Rz_2)}{\left[\frac{C_1}{(CA^K)_1} + \frac{C_2}{C(A^K)_2} \right]}.$$

Таким образом, предложенная методика расчётного определения прочностных характеристик сборочных соединений с натягом позволяет учитывать не только параметры шероховатости контактируемых поверхностей, но и степень наклёпа этих поверхно-

стей, а через них физико-механические свойства материалов сопрягаемых поверхностей, технологические условия их обработки.

Библиографический список

1. Сборка и монтаж изделий машиностроения. Справочник. В 2-х т./ Ред. совет: В. С. Корсаков и др. – М.: Машиностроение, 1983.– Т. 1 Сборка изделий машиностроения, 1983.– 480 с.
2. Безъязычный В. Ф. Метод подобия в технологии машиностроения.– М.: Машиностроение, 2012.– 320 с.
3. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов.– М.: Машиностроение, 1979.– 152 с.

УДК 627.7.036.018(075)

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ТВД ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА ГИДРОТОРМОЗНОЙ УСТАНОВКЕ

© 2018 А.Г. Гимадиев¹, А.М. Гареев¹, В.А. Букин², П.И. Грешняков¹, С.С., Кутуев¹

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

²ПАО «Кузнецов», г. Самара

ANALYSIS OF THE TURBOPROP ENGINE ROTATION FREQUENCY INSTABILITY AT THE HYDRO-BRAKE TEST INSTALLATION

Gimadiyev A.G., Gareev A.M., Greshnykov P.I., Kutuev S.S. (Samara national research university, Samara, Russian Federation)

Bukin V.A. (PAO «Kuznecov», Samara, Russian Federation)

When creating and operating turboprop engines (TPE), it becomes necessary to determine the power they develop and stall margin of the compressor. Tests are carried out on a special installation. A water brake system is traditionally used with strict requirements for maintaining rotation speed accuracy at the engine steady-state operation. During the TPE bench test, perturbations from the hydro-braking system in the form of water pressure (flow) fluctuations lead to the turboprop rotor speed oscillations and do not allow determining its power or the compressor stall margin. The report, based on experimental and theoretical studies, provides an analysis of the oscillatory processes in a hydrodynamic installation with a turboprop engine. Among the means to reduce the engine rotor speed oscillations, the best result is achieved when the RL-dampers are used at the throttle valves inlet of the hydro-braking system.

При создании и эксплуатации турбовинтовых двигателей (ТВД) возникает необходимость в определении развиваемой ими мощности. Испытания проводятся на специальной установке. В зависимости от мощности двигателя используются гидротормозные, электрические и другие установки. Традиционно применяются гидротормозная установка, вал которой соединяется муфтой с валом турбокомпрессора ТВД. К таким установкам предъявляются жёсткие требования

по точности поддержания частоты вращения на установившихся режимах работы двигателя. При стендовом испытании ТВД на гидротормозной установке нередко возникают возмущения со стороны гидротормоза в виде колебаний давления (расхода) воды, приводящие к колебаниям частоты вращения ТВД и не позволяющие точно определить его мощность или запас устойчивости компрессора. В докладе на основе экспериментальных и теоретических исследований приво-