

УДК 621.438

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОТОРОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Дворяк П.А., Рыженков В.М.

Московский авиационный институт (научно-исследовательский университет),
Институт №2 «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки»,
Москва, Россия, pas009@yandex.ru, balans@list.ru*Ключевые слова: ротор, сборка, запрессовка, ЧСК, стяжка, двигатель, метод, эксперимент.*

Роторы газотурбинных двигателей относятся к классу упругодеформируемых или гибких. Их критические числа оборотов отстоят от рабочих, или находятся на переходных режимах. Уровень вибраций, происходящих с частотой вращения ротора, зависит от его динамических характеристик и неуравновешенности, а также физических (фактических) частот вращения, при которых двигатель обеспечивает требуемую тягу.

Характеристики собственных колебаний (частоты и формы, коэффициенты поглощения и распределения амплитуд) зависят от технологических факторов, среди которых наиболее влияющие – погрешности сборки прессовых и резьбовых соединений. Погрешность запрессовки обусловлено фактической величиной натяга и качеством поверхностей сопрягаемых деталей. Погрешность усилия затяжки резьбовых соединений возникает из-за неравномерной вытяжки стяжек пакета деталей ротора. В работах [1-3] рассмотрено, в общем виде, их влияние на прочность и эксплуатационные свойства неподвижных соединений роторов.

В работе рассмотрены вопросы расчетного и экспериментального характера, показывающие влияние технологических факторов на частоты собственных колебаний роторов, как отдельных составных частей двигателя, так и двигателя на испытательном стенде. В работе представлена методика экспериментального определения характеристик собственных колебаний в соответствии с которой получены результаты исследования экземпляров двигателей (табл. 1).

Таблица 1. Частоты собственных колебаний роторов на сборочном стапеле

| № дв | Частоты собственных колебаний в диапазонах, Гц | | | | | | |
|-----------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 265-275 | 275-285 | 285-295 | 295-305 | 305-315 | 315-325 | 325-335 |
| Новые двигатели | | | | | | | |
| 1 | 265 | 280 | - | - | - | 320 | |
| 2 | - | 280 | - | 305 | - | - | 330 |
| 3 | - | 285 | 295 | - | 315 | - | 330 |
| 4 | - | 285 | - | - | - | - | 330 |
| 5 | 270 | 280 | - | 300 | - | 325 | - |
| 6 | - | - | - | 305 | 315 | 325 | - |

Продолжение табл. 1

| Ремонтные двигатели | | | | | | | |
|---------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|---|
| 7 | 270 | 280 | - | - | - | 320 | - |
| 8 | - | - | - | - | - | 325 | - |
| 9 | - | 275 | - | - | 315 | - | - |
| 10 | - | - | 295 | - | - | 325 | - |

Исследования параметров затяжки комплекта стяжных болтов (табл. 2).

Таблица 2. Параметры затяжки комплекта стяжных болтов при моменте на ключе 23 Нм

| № болта | Удлинение болта, мм | Усилие затяжки, кГс | Коэффициент трения |
|---------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1 | 0,07 | 1171 | 0,214 |
| 2 | 0,04 | 1138 | 0,220 |
| 3 | 0,08 | 1138 | 0,220 |
| 4 | 0,04 | 1122 | 0,224 |
| 5 | 0,04 | 1122 | 0,224 |
| 6 | 0,09 | 1106 | 0,227 |
| 7 | 0,05 | 1089 | 0,230 |
| 8 | 0,05 | 1122 | 0,224 |
| 9 | 0,04 | 1057 | 0,237 |
| 0 | 0,09 | 1187 | 0,211 |
| Сред. | 0,059 | 1125 | 0,223 |

Для выявления зависимости характеристик собственных колебаний от технологических факторов предложена методика на основе методов модального анализа [4] деталей ротора в условиях заводской сборки роторов и двигателя. На основании проведенного исследования предлагаются и экспериментально подтверждаются следующие решения:

- входной контроль болтов по удлинению при приложении заданного усилия затяжки;
- комплектация болтов, обеспечивающая минимальный разброс их параметров в комплекте.

Список литературы

1. Суслов, А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.
2. Зенкин, А.С. Сборка неподвижных соединений термическими методами / А.С. Зенкин, Б.М. Арпентьев. – М.: Машиностроение, 1987. – 128 с.
3. Гельфанд, М.Л. Сборка резьбовых соединений / М.Л. Гельфанд, Я.И. Ципенюк, О.К. Кузнецов. – М.: Машиностроение, 1978. – 109 с.
4. Вибрации в технике: справочник. В 6 т. Т. 5. Измерения и испытания / Под ред. М.Д. Генкина. – М.: Машиностроение, 1981. – 496 с.

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE ROTORS OF GAS TURBINE ENGINES

Dvoryak P.A., Ryzhenkov V.M.

Moscow Aviation Institute (Research University),
Institute No. 2 "Aircraft, rocket engines and power plants",
Moscow, Russia, pas009@yandex.r, balans@list.ru

Keywords: rotor, assembly, pressing, ChSK, coupler, engine, method, experiment.

Rotors of gas turbine engines belong to the class of elastically deformable or flexible. The level of vibrations that occur with the rotor speed depends on its dynamic characteristics and unbalance, as well as the physical (actual) speeds at which the engine provides the required thrust.

Characteristics of natural vibrations (frequencies and shapes, absorption coefficients and amplitude distributions) depend on technological factors, among which the most influencing errors are assembly errors of press and threaded joints. In the works [1-3], in general terms, their influence on the strength and performance properties of the fixed connections of the rotors is considered.

The paper presents a methodology for experimental determination of the characteristics of natural vibrations, in accordance with which the results of the study of engine instances were obtained (table 1).