

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ТУРБОВИНТОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ГИДРОТОРМОЗНОЙ УСТАНОВКЕ

©2016 А.Г. Гимадиев¹, В.А. Букин², П.И. Грешняков¹, А.В. Уткин¹

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва
²ПАО «КУЗНЕЦОВ», г. Самара

EXPERIMENTAL RESEARCH OF OSCILLATING PROCESS FOR TURBOPROP ENGINE TESTING ON HYDRAULIC BRAKE

Gimadiev A.G., Greshnyakov P.I., Utkin A.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation),
Bukin V.A., (JSC «KUZNETSOV», Samara, Russian Federation)

The method of turboprop engine testing on the hydraulic brake is shown. The waveform parameters oscillation and amplitude spectrum, the analysis of the test are presented to determine the cause of the motor rotor speed instability during the test. Recommended guidelines to stabilize of the engine rotor speed during testing hydraulic brake are provided.

Турбовинтовые двигатели (ТВД) после изготовления и сборки проходят стендовые испытания на гидротормозной установке на подтверждение заданной мощности и запаса газодинамической устойчивости компрессора. Важным требованием при проведении испытаний ТВД является обеспечение стабильности параметров, то есть изменение параметров на контрольном режиме по мощности в допустимых пределах. Однако в силу ряда причин происходят колебания частоты вращения ротора двигателя, что не позволяет однозначно подтвердить соответствие двигателя предъявляемым к нему требованиям, особенно по запасу газодинамической устойчивости компрессора.

Конструктивно гидротормоз (ГТ) представляет собой заполненный водой кожух, в котором вращается закрепленный на валу ротор с диском (рис. 1). В среднюю часть полости подаётся вода, которая отбрасывается к периферии, а поверхность диска трётся о воду. Подводимая мощность тратится на трение и, в конечном счёте, на нагрев воды. Количество воды в кожухе и её расход регулируются шибером подачи воды и дроссельными заслонками (ДЗ) на входе в ГТ (рис. 2).

В процессе испытаний производилась запись параметров на регистрационно-обработывающий комплекс МИС-26. Выполнен анализ осциллограмм и спектров колебаний параметров системы «двигатель-ГТ». Разработана математическая модель системы

«двигатель-ГТ» и исследованы её частотные характеристики в MatLab/Simulink. В результате работы сделаны следующие выводы.

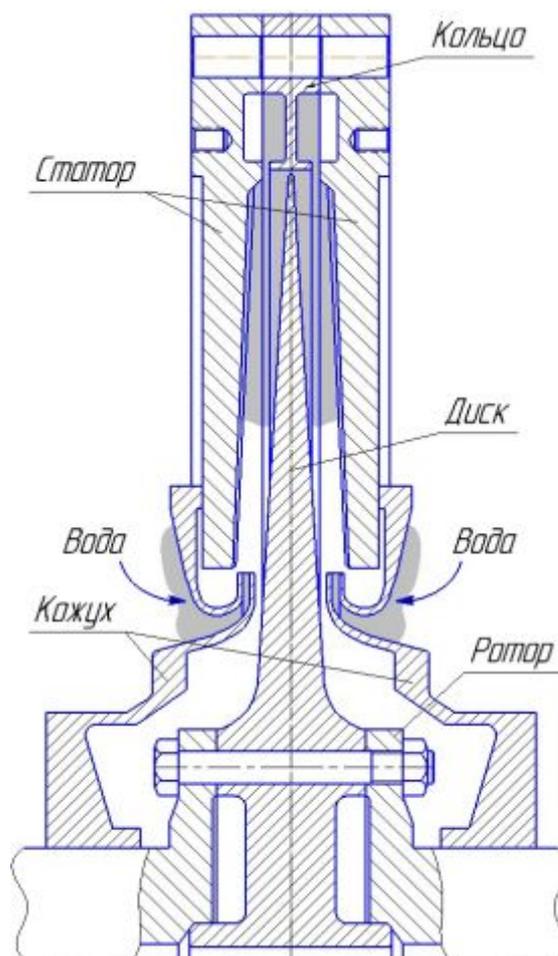


Рис. 1. Конструктивная схема вращающейся части гидротормоза

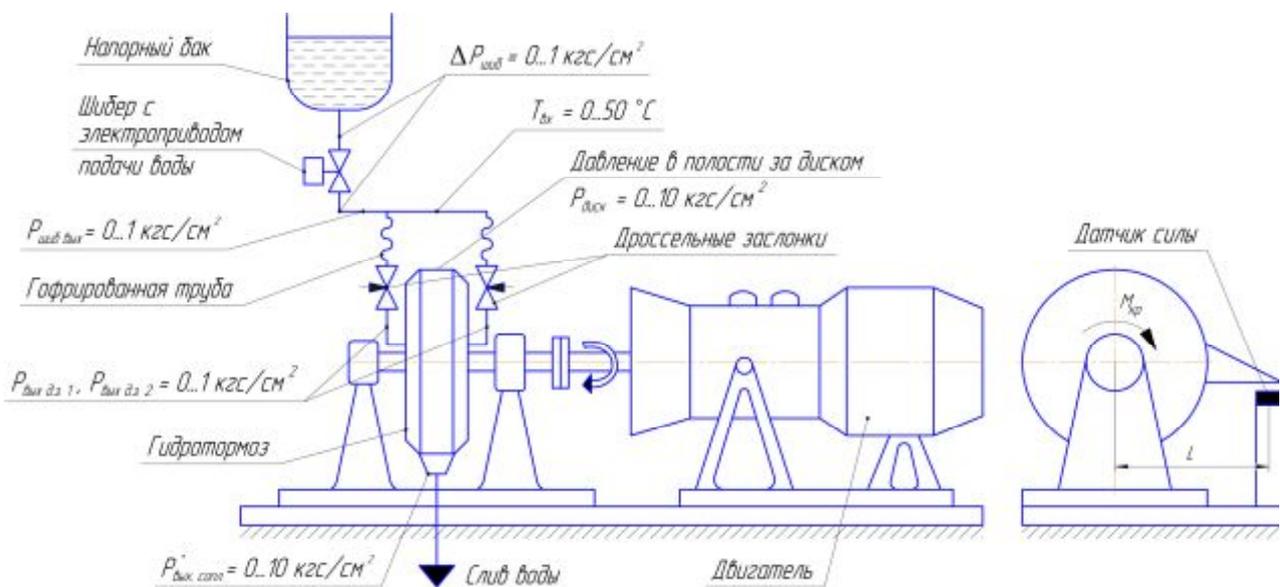


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки для испытания ТВД

1. Размах колебаний частоты вращения ротора двигателя относительно 8300 об/мин на ГТ без подачи воды составляет 8 об/мин, в спектре колебаний частоты вращения не выявлены какие-либо составляющие с относительно большой амплитудой.

2. На установившихся режимах работы двигателя с мощностями от 0,4N до максимальной при нагрузке ГТ наблюдаются колебания крутящего момента с выраженными амплитудами на частотах: 138 Гц – обусловленные погрешностью изготовления диска и (или) вала ГТ; 15 Гц – обусловленные вибрационным возбуждением ГТ с рамой со стороны двигателя или крутильными колебаниями вала; 3...5 Гц – вызванные поступлением в полость между ротором и статором нестационарного или двухфазного потока, включающего воздушные пузыри. Эти колебания усиливаются резонансами в трубопроводах подвода воды, включая полости ГТ, причём, чем выше режим работы двигателя, тем выше частота и ниже уровень амплитуд в спектре; 0,15...0,3 Гц – причины возникновения таких колебаний до конца не выяснены, возможно, это результат взаимодействия ГТ с двигателем.

На основе моделирования колебательных процессов в системе «двигатель-ГТ» установлено, что колебания давления (расхода) воды с частотой более 2..3 Гц практически не передаются от ГТ к двигателю. Поэтому при исследовании влияния колебаний момента на частоту вращения ротора двигателя следует,

прежде всего, обратить внимание на область низких частот 0,1...1 Гц.

На основе анализа результатов испытаний и моделирования системы «двигатель-ГТ» предложены мероприятия для снижения колебательных процессов и стабилизации частоты вращения ротора двигателя: увеличение площади проходного сечения сопла на выходе ГТ; обеспечение одинаковой площади открытия ДЗ; установка RL-гасителя колебаний давления на стыке гофрированных труб с трубопроводами, идущими на вход ДЗ. После выполнения указанных мероприятий следует произвести испытание двигателя на гидротормозной установке. При недостаточной эффективности предложенных мероприятий предусмотреть разработку ёмкостного RC-гасителя колебаний давления для его установки на входе ДЗ или подключение к верхним точкам полостей за ДЗ вертикальных труб для удаления воздушных пузырей.

Библиографический список

1. Турбовинтовой двигатель НК-12МВ. <http://www.airwar.ru/enc/engines/nk12mv.html>.
2. Бочкарев С.К., Испытания авиационных двигателей. М.: Машиностроение, 2009. 504 с.
3. Гавриленко Б.А. Гидравлические тормоза. М.: Госуд. науч.-техн. изд-во машиностроительной литер., 1961. 244 с.
4. Головащенко А. Осьминог или о роли тормоза в прогрессе турбиностроения. - Двигатель. 2004. № 4.