

Достоверность результатов, получаемых с помощью разработанного алгоритма, была проверена при сопоставлении резонансных частот определенных из резонансной диаграммы. Расчетные исследования проводились на модельном рабочем колесе, показанном на рис. 1.

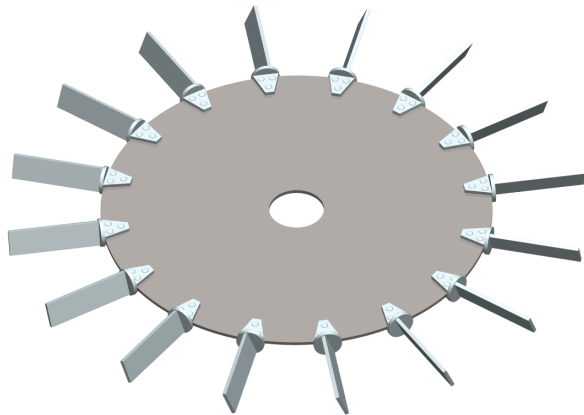


Рис. 1. Модельное рабочее колесо

На рис. 2 представлена резонансная диаграмма колеса, крестиками отмечены резонансные частоты, рассчитанные с помощью разработанной программы.

Сопоставление результатов расчетов показало хорошую сходимость резонансных частот. Расхождение не превышает 0.2%. При этом время, затраченное на определение резонансов классическим способом, несравнимо больше времени расчетов по программе с использованием разработанного алгоритма, что подтверждает его высокую эффективность.

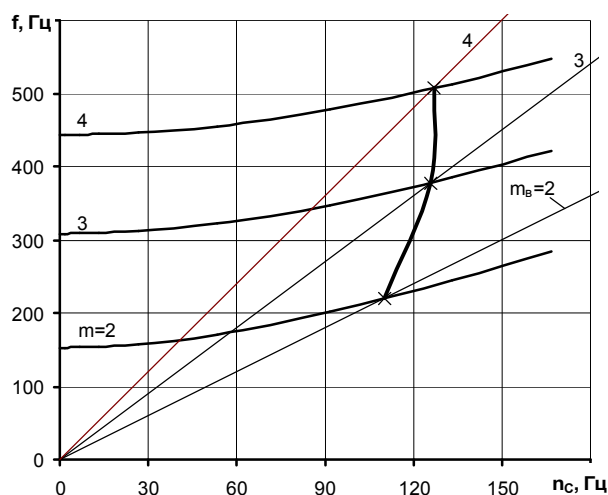


Рис. 2. Резонансная диаграмма рабочего колеса

Таким образом, представление матриц волновых динамических жесткостей лопаточного и дискового конечных элементов в форме (2) позволяет существенно уменьшить объем вычислений при нахождении резонансных частот вращения рабочих колес турбомашин. Что в свою очередь позволяет значительно сократить время и средства, затрачиваемые на формирование требуемых вибрационных свойств у рабочих колес на этапах проектирования и доводки.

Библиографический список

1. Давыдов, Д.П. Дисковый волновой конечный элемент [Текст] / Д.П. Давыдов, А.И. Ермаков // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2009. – №3. С. 34–39.
2. Иванов, В.П. Колебания рабочих колес турбомашин [Текст] / В.П. Иванов. – М.: Машиностроение, 1983. – 224 с.

УДК 621.452

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРУБОПРОВОДОВ ГТД С УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИМИ ОПОРАМИ ИЗ МАТЕРИАЛА МР

Швецов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF PIPELINES TBG WITH UPRUGODEMPFIRUYUSCHIMI FEET OF MATERIAL MR

Shvetsov A.V. Work was to study the dynamics of pipeline systems of aircraft engines. The analysis of the design and characteristics of attachment and elastic - damping pipeline supports GTD. A dynamic analysis of piping in a package Ansys.

Возбуждение трубопроводов авиационных двигателей (АД) и энергетических установок (ЭУ) условно делят на две категории:

- силовое возбуждение;
- кинематическое возбуждение.

В АД и ЭУ трубопроводы крепятся к различным точкам их поверхности. Каждая из этих точек колеблется с определённой амплитудой и частотой, которые могут меняться с изменением режима работы энергетической установки. Источниками таких колебаний могут быть, например, неуравновешенности быстровращающихся деталей ГТД (роторов компрессора и турбины), ударные воздействия, вибрация корпусов и т.д. Другими словами эти колебания вызываются заданным периодическим движением определённых точек оси трубопровода. Такое возбуждение называется кинематическим. Уровень вибрационного состояния изделий является критерием опасных изгибных напряжений трубопроводов. Следовательно, комплекс мероприятий по снижению общей вибрации летательных аппаратов и двигателей должен предусматривать аэродинамическое и динамическое уравнивание вращающихся частей, демпфирование систем их подвески, отстройку собственных частот и демпфирование резонансных колебаний упругих элементов конструкций изделий. Силовым называется возбуждение, когда колебания вызываются заданными периодически изменяющимися во времени силами, например колебаниями давления потока рабочей жидкости.

Опоры для крепления трубопроводов можно классифицировать по нескольким признакам. Одновременную связь нескольких сгруппированных трубопроводов рационально производить групповыми опорами, а связь отдельных трубопроводов – одиночными. Применение групповых опор снижает количество и общий вес крепежных деталей, улучшает размещение и возможность доступа и осмотра, решает проблему термоизоляции путем закрытия кожухом и продувки хладагентом.

В зависимости от способа закрепления опоры могут быть подвесными и опорными. В первом случае опоры связывают между собой группу трубопроводов, во втором эта

связь распространяется и на корпус изделия (агрегат и т.д.).

Все опоры трубопроводов можно разделить на две группы – разъёмные и неразъёмные. К разъёмным опорам относятся такие опоры, постановка или замена которых не связана с дополнительным демонтажем трубопровода. Неразъёмные опоры не позволяют осуществить разборку или повторную сборку без демонтажа трубопровода или его разрушения.

В зависимости от применяемых материалов опоры разделяются на металлические, пластмассовые и комбинированные. Опоры, предназначенные для работы в нормальных температурных условиях, будем называть нормальными, в условиях повышенной температуры – термостойкими, а пониженной хладостойкими.

В зависимости от степени влияния нейтральных и агрессивных сред на прочностные свойства и механические характеристики опор различают химически стойкие и нестойкие опоры.

Опоры могут быть длительного и ограниченного хранения.

Опоры, спроектированные без учета специальных требований к упругим и демпфирующим свойствам, служащие в качестве силового элемента трубопроводной магистрали и практически исполняющие роль местной заделки, условно будем называть жесткими. Несмотря на это, в некоторых случаях (например, для коротких труб) их жесткость может быть такой, что её влияние на динамическое состояние гидросистемы (например, на собственную частоту и амплитуду колебаний) будет существенной.

Опоры, в которых специально предусмотрены упругие элементы для увеличения податливости гидросистемы (например, уменьшение монтажных напряжений, термокомпенсации), будем называть упругими, а в которых имеются упруго – демпфирующие элементы – упруго – демпфирующими. Понятно, что четкого разделения между типами опор не существует. Работа их в той или иной роли зависит от схемы магистрали, её динамических свойств, возмущающих усилий и соотношения жесткостей трубопроводов и опор.

Объектом проведенного исследования являются упруго – демпфирующие опоры круглого сечения из материала МР. Созданы несколько образцов из этого материала, размеры которых укладываются в соответствующие габариты нормализованных опор. Толщины образцов взяты в пределах от 1 до 10 мм. Все образцы подвергаются одностороннему пульсирующему (многократному) сжатию на экспериментальной установке, с целью выявления петель гистерезиса, содержащих наиболее полную информацию об упругих и диссипативных свойствах материала МР.

На основе полученных экспериментальных данных получены зависимости, позволяющие качественно и количественно описать специфические механические свойства

МР, выражающиеся в обобщенных параметрах.

Эти зависимости позволяют произвести динамический анализ трубопровода с опорами из МР (трубопроводной системы) в пакете ANSYS. Предварительно проведены модальный анализ и гармонический анализ исследуемого трубопровода.

Результаты такого расчета необходимо сравнить с результатами испытаний реальной трубопроводной конструкции с УДО из МР. Испытания планируется провести на вибростенде, оснащенный специальной измерительной аппаратурой. Проведенная работа позволит создать методику рационального выбора месторасположения и характеристик опор трубопроводов.

УДК 629.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА РАССЕЙВАНИЯ ЭНЕРГИИ ТОНКИХ ПЛАСТИН ИЗ МАТЕРИАЛА МР

Уланов А.М., Швецов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

RESEARCH ON STIFFNESS AND DAMPING COEFFICIENT OF THIN PLATES MADE OF MR MATERIAL.

Ulanov A.M., Shvetsov A.V. Thin plates made of wire damping material MR are used widely for pipeline vibration protection. Dependencies of stiffness and damping coefficient of these plates on deformation amplitude, preliminary static deformation, density, wire diameter, plate thickness are obtained

Для защиты трубопроводов от колебаний широко используются упругодемпфирующие опоры из материала МР (рис. 1). Материал МР изготавливается при помощи холодного прессования хаотически уложенной проволочной спирали из нержавеющей стали, и применяется в опорах трубопроводов в виде тонких пластин и втулок.

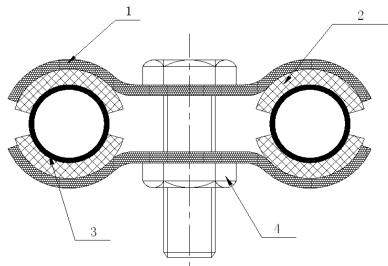


Рис. 1. Опора трубопровода из материала МР
1 – поддерживающий элемент; 2 – пластина из МР;
3 – трубопровод; 4 – болт крепления

Материал МР обладает большим рассеиванием энергии, стойкостью к воздействию высоких температур, топлива, масла. Характеристиками материала (жесткостью C и коэффициентом рассеивания энергии ψ) можно управлять в широких пределах, изменяя относительную плотность материала $\bar{\rho}$ ($\bar{\rho} = \rho_{MR} / \rho_S$, где ρ_{MR} – плотность проволочного материала, ρ_S – плотность стали), диаметр проволоки d_w , предварительную статическую деформацию Q .

Для расчета колебаний трубопроводов любой формы методом конечных элементов можно рассматривать материал МР как нелинейную квазисплошную среду, характе-