

ся естественные граничные условия вариационной задачи.

В результате решения системы дифференциальных уравнений получены выражения, описывающие напряжённо – деформированное состояние многослойной конструкции. Аналитические модели получены для трёхслойных и пятислойных стержней, прямоугольных трёхслойных панелей и криволинейных трёхслойных стержней с круговой осью.

Предложена система критериев, по которым производится сравнение результатов аналитических и конечно – элементных расчётов.

Из представленных в докладе результатов можно с определенными допущениями подобрать аналитическую модель, пригодную для верификации конечно-элементной модели панели конкретного конструктивного исполнения на ранних стадиях проектирования.

УДК 534.631

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕСТЕРЁННОГО НАСОСА

©2016 А.И. Сафин, Л.В. Родионов, А.Д. Ведяшев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

GEAR PUMP MODAL ANALYSIS

Safin A.I., Rodionov L.V., Vedyashev A.D. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The work show measures for improving pump vibroacoustic performances depends on its modal performances. A series of experiments has been carried out to get modal characteristics of the gear pump. As a result has been defined a modal frequencies and pump vibrations.

В настоящее время гидравлические машины широко применяются во многих отраслях промышленности. Источником гидравлической энергии в большинстве случаев, выступают насосы объёмного типа. Наибольшее распространение получили шестерённые насосы с внешним зацеплением. Это объясняется рядом преимуществ по сравнению с насосами других типов. Однако им присущи существенные недостатки, такие как повышенный шум и вибрации [1].

Целью данного исследования являлось проведение модального анализа насосного агрегата при различных граничных условиях с последующей визуализацией форм его колебаний. Свободное расположение (на полу), жёсткое закрепление (на стенде), различные режимы работы агрегата.

Для проведения модального анализа был использован сканирующий виброметр Polytec PSV-400-3D [2]. Данное оборудование позволяет получить спектр вектора виброскорости исследуемого объекта.

Поскольку масса агрегата составляет около 10 кг, то стандартные вибростолы не могут обеспечить необходимый частотный

диапазон вибровозбуждения. Поэтому для вибровозбуждения при свободном расположении агрегата и при его закреплении на стенде использовался модальный молоток фирмы PCB со встроенным датчиком силы. Удары распределялись равномерно по верхней поверхности шестерённого насоса. Это было сделано с целью возбуждения вибрации по всем осям.

В результате проведённого модального анализа шестерённого насоса получены спектры виброскорости, усреднённой по всей исследуемой поверхности насоса (рис. 1).

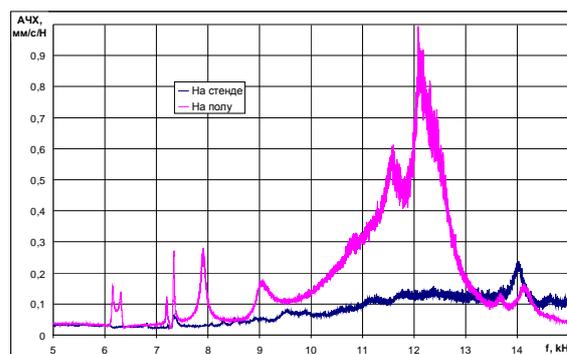


Рис. 1. Сравнение результатов модального анализа насоса

Из рис. 1 видно, что собственные частоты насоса при свободном состоянии составляют 6153, 7204, 7338 Гц и выше, а при установке насоса на стенд собственные частоты смещаются ориентировочно на 1500 Гц. Это связано с увеличением массы и жёсткости исследуемой конструкции. Также по спектру виброскорости видно, что наибольшее значение виброскорости наблюдается на высоких частотах, но при установке насоса на стенд максимальное значение уменьшается.

На низких частотах резонансы конструкции проявились в виде балочных форм колебаний, при которых насос вёл себя как консольно-закрепленная балка. На частотах от 5000 Гц проявляются мембранные формы корпуса. Для насоса, установленного на стенд, на частоте 14037 Гц реализуются сложная мембранная форма колебаний

Следующим этапом исследований было виброметрирование насоса на различных режимах работы, которые определялись давлением на выходе из насоса ($P_{\text{вых}}$) и частотой вращения приводного вала (n). Были выбраны четыре основных режима работы насоса:

- $P_{\text{вых}}=10$ МПа, $n=1000$ об/мин;
- $P_{\text{вых}}=20$ МПа, $n=1000$ об/мин;
- $P_{\text{вых}}=10$ МПа, $n=2000$ об/мин;
- $P_{\text{вых}}=20$ МПа, $n=2000$ об/мин.

В результате виброметрирования насоса были получены спектры виброскорости, усреднённые по всей поверхности насоса (рис. 2-3).

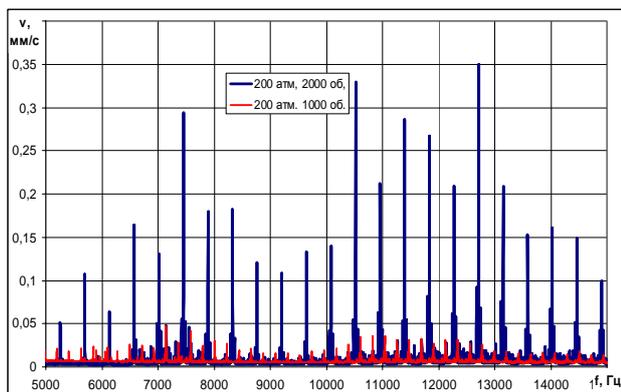


Рис. 2. Спектр виброскорости, усреднённый по всей поверхности насоса при давлении на выходе 20 МПа

В результате проведённых исследований получены собственные частоты шестерённого насоса при различных условиях закрепления. Жёсткое закрепление на стенде привело к смещению основных собственных частот в более высокую область.

Также удалось идентифицировать сложную мембранную форму колебаний насоса на частоте 14037 Гц, как на стенде, так и во время работы насоса.

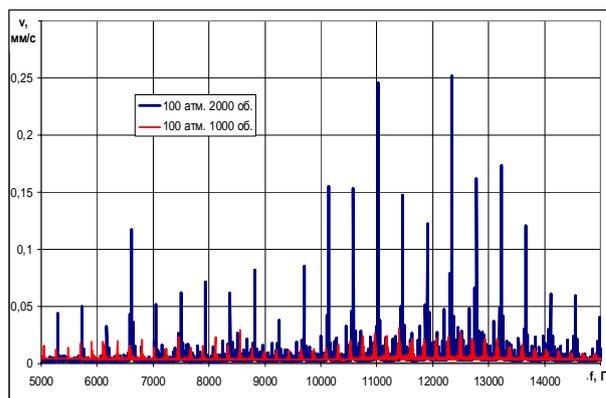


Рис. 3. Спектр виброскорости, усреднённый по всей поверхности насоса при давлении на выходе 10 МПа

Для улучшения виброакустических характеристик насоса рекомендуется внести дополнительные рёбра жёсткости и использовать вибродемпфирующий материал.

Результаты исследования были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России.

Библиографический список

- 1 Шахматов Е.В. Комплексное решение проблем виброакустики изделий машиностроения и аэрокосмической техники / LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&CO. KG 2012. 81 с.
- 2 Igolkin A.A., Safin A.I., Makaryants G.M., Kruchkov A.N., Shakhmatov E.V. Non-contact Registration and Analysis of the Product Machine Vibration with a Three-Component Laser Scanner, *Applied Physics*, 4, 2013. P. 49-53.