

Рис. 4. Моделирование двумерного пространственного распределения частиц интерметаллидной фазы в диапазоне размеров 0.4 – 1.8 мкм в замковой части лопатки

Показано, что в качестве критерия эксплуатационной надёжности по микроструктурному состоянию для материала направляющих и рабочих лопаток, подвергнутых длительному старению, можно принять средний эквивалентный размер частиц и оценку его разброса (дисперсию, среднеквадратичное отклонение).

Объёмная доля, концентрация и форма частиц в процессе эксплуатации изделия меняются незначительно, но по их абсолютным значениям можно судить об исходном состоянии материала.

УДК 539.3:534.83:62-215

## ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОЧНОСТНЫХ КОНЕЧНО – ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

©2016 Н.В. Осадчий, В.Т. Шепель

Научно-производственное объединение «Сатурн», г. Рыбинск

### VERIFICATION OF ACOUSTIC PANELS FINITE ELEMENTS MODELS FOR STRENGTHS CALCULATIONS

Osadchiy N.V., Shepel V.T. (PJSC «NPO Saturn», Rybinsk, Russian Federation)

*This report presents the research results of verification multi-layer acoustic panel's finite-element models based on analytical models. The analytical models are obtained for three-layer and five-layer fillers, rectangular three-layer panels and three-layer beam with a circular axis.*

В авиационной технике широко используются трёхслойные и пятислойные звукопоглощающие конструкции, состоящие из двух несущих оболочек, разделённых слоем «лёгкого» заполнителя, не оказывающего сопротивления изгибу. При построении конечно – элементных моделей прочности таких конструкций необходимо корректно подобрать их параметры (типы конечных элементов для обшивок и заполнителя, условия сопряжения на границах пластин), адекватно отражающие напряжённо – деформированное состояние реальной конструкции. Для подбора параметров модели, как правило, используются результаты экспериментальных исследований. Однако на ранних стадиях проектирования, когда конструкция проработана лишь в общих чертах, эксперимен-

тальные данные, как правило, отсутствуют. В этом случае верификацию конечно – элементной модели можно выполнить только с помощью аналитической модели.

Вопросы аналитического расчёта многослойных панелей достаточно хорошо разработаны для относительно простых по геометрии конструкций. Целью настоящих исследований являлось построение аналитических моделей, необходимых для валидации более сложных по геометрии конструкций. Для построения аналитических моделей использован вариационный метод. В данном случае дифференциальные уравнения получаются из условия стационарности функционала, которым является полная энергия рассматриваемой многослойной конструкции. В качестве граничных условий рассматривают-

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).

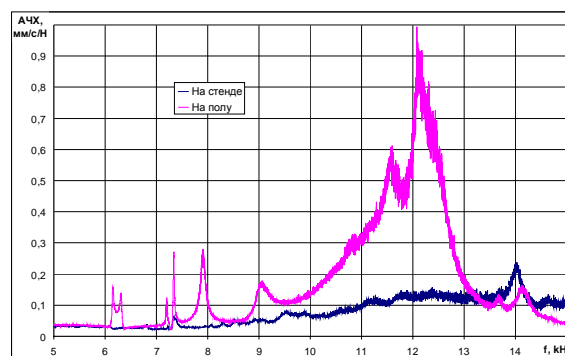


Рис. 1. Сравнение результатов модального анализа насоса