

## КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ВИБРОАКУСТИКИ ИЗДЕЛИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Шахматов Е.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

**COMPLEX SOLUTION OF VIBROACOUSTIC PROBLEMS AEROSPACE PRODUCTS**  
*Shakhmatov E.V. Samara State Aerospace University. A paper deals with vibrations and pressure pulsations in aerospace equipment . Various solutions based on analysis of vibration and noise sources and a mathematical modeling of interaction between parts of a gear pump are presented.*

Работоспособность, ресурс и качество изделий машиностроения и аэрокосмической техники в значительной степени зависят от интенсивности гидродинамических и виброакустических процессов, к которым следует отнести пульсации рабочих сред, вибрацию механических элементов, излучаемый агрегатами и системами шум.

В виброакустике машин основной задачей является разработка комплексного подхода к исследованию и коррекции виброакустических процессов в машинах и оборудовании как взаимодействующей совокупности пульсаций рабочей среды, вибрации механических элементов и излучаемого шума

В рамках данного общего подхода решаются следующие задачи:

- обеспечение работоспособности машин в условиях виброакустических нагрузок;
- проектирование и разработка машин, обладающих низкой виброакустической нагруженностью, малошумных машин;
- снижение затрат (временных и материальных) на виброакустическую доводку машин;
- проектирование средств коррекции виброакустических характеристик машин;
- разработка методов и средств диагностики машин по виброакустическим полям;
- создание виброакустических технологий промывки и испытания гидравлических систем;
- разработка акустических бесконтактных методов и средств измерения пульсаций дав-

ления и вибрации изделий машиностроения и аэрокосмической техники.

Наиболее эффективным методом снижения колебаний в машинах является метод подавления вибрации и пульсаций рабочей среды в источнике. Наибольший вклад в виброакустическую активность изделий машиностроения вносят двигатели, насосы, компрессоры, гидрогазовые дроссели, другие источники с интенсивными гидродинамическими и кавитационными процессами, включая свободные турбулентные струи. Распространение упругих колебаний от источника по рабочей среде реализуется в виде продольных акустических волн. Для их эффективного подавления применяются гасители колебаний и каналные глушители шума. Передача вибрационных возмущений по механической структуре машины осуществляется упругими продольными и поперечными волнами (изгибными, сдвиговыми и пр.).

Основными источниками колебаний в гидравлических и топливных системах авиационной техники являются насосные агрегаты.

Для успешного решения проблем, связанных со снижением динамических нагрузок и шума при работе насосов, необходимо тщательное исследование их динамических характеристик на основе моделей, учитывающих процессы виброакустического взаимодействия в гидромеханических элементах.

В качестве примера в докладе рассмотрена система насосной подачи жидкости, состоящая из шестеренного насоса, подсоединенной по входу и выходу гидравлической нагрузки. Гидравлическая нагрузка представляется в виде сочетания участков трубопровода, емкостных и дросселирующих элементов.

Разработанные модели насосного агрегата включают описание гидравлической и механической подсистем, динамически взаимодействующих как между собой, так и с присоединенными гидромеханическими цепями по нагнетанию, всасыванию и приводу. При таком подходе учитываются эффекты виброакустического взаимодействия как в элементах самого насоса, так и насоса с присоединенными динамическими системами.

Граничные условия математической модели насоса представляют собой уравнения, описывающие процессы в присоединенных к насосу гидравлических и механических подсистемах.

В качестве еще одного примера в докладе рассмотрен комбинированный насосный агрегат, содержащий подкачивающую шнекоцентробежную и основную шестеренную ступени. Такие агрегаты представляют собой сложную динамическую систему, в которой помимо эффектов усиления колебаний вследствие виброакустического взаимодействия ступеней, реализуются и гидродинамические эффекты, присущие лопастным гидромашинам. Установлено, например, что интенсивным источником возбуждения колебаний является концевой вихрь, периодически срывающийся с кромок лопастей шнека. Вихревые возмущения, взаимодействуя с пульсационными воздействиями от шестеренной ступени, вызывают колебания лопасти шнека,

значительно увеличивающиеся при резонансах. Увеличение вибрации лопасти приводит к интенсификации пульсаций давления, вызванных вихревыми возмущениями. Таким образом, реализуется акустико-вихревой резонанс лопасти насоса, приводящий к значительной динамической нагруженности конструкции.

Не менее сложной динамической системой является двублочный шестеренный топливный насос с параллельным включением качающих узлов. Исследование и анализ процессов виброакустического взаимодействия в таком насосе проводились в целях предотвращения усталостных поломок приводной рессоры.

Данный дефект возникал вследствие динамического взаимодействия насоса с механической системой привода и значительного увеличения колебаний крутящего момента.

В качестве примера, когда виброакустические нагрузки приводили к нарушению работоспособности, в докладе рассмотрен стенд для наземных испытаний рулевых машин ракеты-носителя. Разработанный гаситель колебаний обеспечил снижение среднеквадратичных значений пульсаций давления рабочей жидкости более чем в 30 раз, вибрации элементов стенда более чем в 6 раз и заданную надежность стенда.

### **Библиографический список**

1. Снижение колебаний и шума в пневмогидравлических системах / Под. ред. Е.В. Шахматова, В.П. Шорина. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2005. -314 с.
2. Моделирование виброакустических процессов в трубопроводных системах / А.Б. Прокофьев, Е.В. Шахматов. – Самара: СГАУ, 2008. – 168 с.