

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА СТРУННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Кучумов Е. В.

ОАО «Научно-исследовательский институт физических измерений», г. Пенза,
Россия

Разработка и конструирование современных качественных и надёжных двигателей и систем управления, а так же модернизация существующих моделей и систем для авиационной, ракетно-космической и смежной техники требует применения высокоточных, высоконадёжных и функционально гибких информационно-измерительных и информационно-вычислительных систем. Добиться улучшения рабочих характеристик как двигателя, так и всей системы в целом можно с помощью дорогостоящих и наукоёмких разработок в области получения новых материалов с экстремальными свойствами, работающих в жестких условиях эксплуатации, а так же с помощью новых схем и режимов работы двигательной установки, новых аэродинамических характеристик летательного аппарата (ЛА) и т.д. Для этого нужно более глубокое исследование и понимание физических, химических и др. процессов в работе ЛА на установившемся и переходном режимах.

Несмотря на то, что многие двигательные установки сами по себе являются достаточно оптимизированными механизмами в результате многолетних опытно-конструкторских работ, как отечественных, так и зарубежных, надёжность и качество функционирования всей системы в целом существенно зависит от надёжности и качества системы управления и автоматизации, полностью опирающейся на измерительную компоненту. Совокупность всех аспектов функционирования ЛА необходимо рассматривать с позиции системного анализа в целях эффективности и оптимальности конечного результата. Таким образом, чтобы добиться улучшения характеристик ЛА, не достаточно простого улучшения одной из компонент механизма ЛА. Необходима модернизация всех связанных друг с другом компонент, в том числе и средств измерения и контроля. При этом в силу высокой стоимости опытно-конструкторских и испытательных работ необходимо эффективно проработать все возможные связи и рабочие схемы в структуре разрабатываемой или модернизируемой конструкции авиационной и ракетно- космической техники.

Одним из критических параметров режима работы двигательной установки является давление, без которого невозможно изучение и анализ таких процессов, как устойчивость сгорания и низкий уровень выбросов систем сгорания, пульсация и срыв потока в компрессоре, шум в системах перегрева оборудования, изменение давления в камере сгорания, системах впрыска топлива и выхлопа, давление наддува и т.д. Датчики давления, работающие в экстремальных условиях эксплуатации авиационной и ракетно-

космической техники (высокие температуры, ионизирующее излучение и жесткие электромагнитные помехи), должны обладать высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками.

Непрерывное развитие ЛА связано с исключительно высокой насыщенностью их специальными техническими системами, информационно-измерительными комплексами, системами управления и контроля различных физических параметров, значительный рост взаимосвязей и взаимодействий этих систем, конструктивных элементов агрегатов и подсистем как внутри ЛА, так и в комплексе с наземными измерительными пунктами, требует увеличения объемов измерения и контроля параметров в различных системах ЛА. Для реализации этих задач требуется создание широкой номенклатуры датчиковой аппаратуры с высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками. Значительные отличия технических требований

к датчиковой аппаратуре авиационных и ракетно-космических систем, особенно систем многоразового использования, привели к тому, что, начиная с 80-х годов, более 90% датчиковой аппаратуры было разработано вновь, при этом потребовалось резко изменить традиционные подходы к конструированию и технологии изготовления датчиковой аппаратуры. Основные дестабилизирующие факторы (температура и вибрация) на изделиях авиационной и ракетно-космической техники в 3...5 раз превышают соответствующие значения на изделиях других отраслей.

Одними из наиболее эффективных датчиков давления, зарекомендовавших себя успешной эксплуатацией в авиационной и ракетно-космической техники, являются струнные датчики. Струнные манометры обеспечивают высокую точность измерения; их погрешность в условиях эксплуатации (при действии комплекса влияющих факторов) не превышает $\pm 0,4\%$. Конструкции струнных датчиков обладают высокой чувствительностью, достаточной жесткостью и малой инертностью, а так же простотой в наладке и надежности работы.

Для создания струнных датчиков с высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками необходимо при проектировании правильно учитывать специфические особенности струн, магнитных систем, генераторов и других узлов, входящих в датчик. Струна является наиболее ответственным звеном в цепи преобразования силы её натяжения в частоту поперечных колебаний.

Основные вопросы, которые необходимо решить при выборе струны для конструкции датчика, являются:

- выбор конструкции струны и способа её заземления в упругом элементе датчика;
- выбор материала струны;
- определение геометрических размеров струны.

Успешное их разрешение позволит спроектировать датчик, оптимальный для использования в авиационной и ракетно-космической технике.

При значительном изменении температур, давления, влажности среды и других влияющих факторов в экстремальных условиях эксплуатации ЛА происходит изменение начальной частоты струны, что, в свою очередь, влияет на чувствительность датчика. Для успешного преодоления этих погрешностей необходимо провести анализ причин их появления с помощью моделирования на стадии проектирования во избежание дорогостоящих опытно-конструкторских работ. Моделирование опирается на математическую модель, которую используется при разработке и конструировании струнного чувствительного элемента.

В связи с этим эффективное моделирование динамики чувствительного элемента струнных датчиков давления для работы в авиационной и ракетно-космической техники является **актуальной** научно-практической задачей.

Целью работы является обобщение и развитие технологических и научно-методических основ проектирования и создания струнных датчиков давлений для работы в особо жестких условиях эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники.

В процессе выполнения работы был проведен системный анализ и синтез структурных и функциональных моделей чувствительных элементов струнных датчиков давления, с целью определения круга эффектов, наиболее существенно влияющих на работу струны, разработана математическая модель на базе фундаментальных физических законов механики сплошных сред и проведен её качественный и количественный анализ в различных режимах работы струны.

Работа способствует эффективной разработке и проектированию струнных датчиков давления для работы в сложных условия функционирования авиационной и ракетно- космической техники.