

НАПРАВЛЕНИЕ
«РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ. КОСМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА» /
«ROCKET ENGINES AND SPACECRAFT POWER ENGINEERING»

УДК 629.7.036.54

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Сальников А.Ф., Петрова Е.Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь, pen77@mail.ru

Ключевые слова: камера сгорания, ракетный двигатель, акустические колебания.

Проблеме динамического анализа ракетных двигателей уделяется постоянное внимание не только при проведении осевых стендовых испытаний, но и в процессе его боевого применения. Оценке изменения автоколебательных режимов в процессе их влияния на измерительную базу при стендовых испытаниях посещено множество работ, особенно при анализе нерасчетных значений давления в камере сгорания и тяги двигателя. Данные задачи решались для конкретных двигателей, но при разработке новых ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ), проблемы значительных колебаний давления в камере сгорания и тяги двигателя приходится решать достаточно часто. Имеющийся накопленный опыт борьбы со значительными по амплитуде автоколебаниям РДТТ не всегда позволяет корректно решить эту проблему, особенно в процессе летных испытаний. Это связано не только с изменяющимися условиями применения РДТТ, но и с изменением в процессе работы РДТТ его массо-жесткостных параметров [1]. Кроме того, режим процессов горения твердого топлива и газодинамических процессов в камере сгорания формирует определенные динамические воздействия на конструктивные элементы и узлы двигателя, у которых меняются парциальные частоты во времени работы. Амплитудно-частотное взаимодействие при этом достаточно слабо изучено. Особенно это касается реальных условий применения РДТТ. Поэтому понимание связанных процессов, формирующих динамику ракетного двигателя, с учетом изменения его параметров представляет определенный интерес.

На кафедре был создан экспериментально-теоретический комплекс, позволяющий проведение исследований по анализу изменения собственных частот РДТТ, с учетом моделирования изменения массы топливного заряда и величин давления и температуры. Кроме того, создан алгоритм связанной задачи по определению автоколебаний РДТТ с учетом влияния газодинамических процессов в камере сгорания и их изменения [2]. Алгоритм позволяет получить изменение акустических колебаний в камере сгорания и связать их с функцией чувствительности топлива, как основного инструмента колебания массового прихода с поверхности горения, а, следовательно, колебания давления в камере сгорания и тяги двигателя. Алгоритм верифицирован по результатам экспериментальных исследования модельных двигателей.

Для инженерных оценок влияния частотного взаимодействия в процессе выгорания твердого топлива, изменения его собственных (модальных) частот и перестройке газодинамических процессов в камере сгорания, которые приводят к определенным частотным взаимодействиям и влиянию на тяговые характеристики РДТТ при полете, предложен динамический коэффициент, который учитывает возможность околорезонансных (резонансных) взаимодействий. Кроме того, получено условие, когда возможно усиление амплитуды колебаний давления в камере сгорания, в процессе выгорания топливного заряда и изменения модальных характеристик конструктивных элементов РДТТ.

Список литературы

1.Кашина И.А., Сальников А.Ф. Методы определения собственных частот элементов системы РДТТ // Электронный журнал «Труды МАИ». 2013. № 65.

2.Сальников А.Ф., Петрова Е.Н. Динамическое взаимодействие продуктов сгорания с конструктивными элементами камеры сгорания РДТТ // Химическая физика и мезоскопия. 2016. Т. 18, № 3. С. 343-348.

Сведения об авторах

Сальников А.Ф., доктор технических наук, профессор, профессор каф. РКТЭС. Область научных интересов: нестационарные процессы в камере сгорания, акустическая неустойчивость, неразрушающий контроль.

Петрова Е.Н., кандидат технических наук, доцент каф. РКТЭС. Область научных интересов: нестационарные процессы в камере сгорания.

DYNAMIC ANALYSIS OF A ROCKET ENGINE IN OPERATION

Salnikov A.F., Petrova E.N.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, pen77@mail.ru

Keywords: combustion chamber, rocket engine, acoustic vibrations.

To assess the changes in self-oscillating modes in the process of their influence on the measuring base during bench tests, many works have been visited. An experimental and theoretical complex was created that allows conducting research on the analysis of changes in the natural frequencies of the RTTT.