

ИЗМЕРЕНИЕ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В РДТТ

Вильданов Рамиль Ансарович

магистрант, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

Титух Игорь Николаевич

научный руководитель, доцент, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

В объектах ракетной техники для выполнения разного рода задач используют ракетные двигатели твёрдого топлива.

Таковыми задачами могут быть выполнение требуемой скорости полёта или перемещение аппарата после того, как двигатель отработал назначенный технический срок эксплуатации. За все эти задачи отвечают выходные тяговые характеристики двигателя.

К ним относятся сила тяги, полный и удельный импульс тяги.

Для того, чтобы создать двигатель, необходимо точно знать их реальные величины, а для этого необходимо проводить расчеты, которые должны отличаться определённой точностью.

Следовательно можно сделать вывод, что данные расчеты необходимо подкреплять экспериментальными данными, особенно на завершающем этапе создания двигателя.

Основными параметрами РДТТ являются тяга P , удельный импульс I_y и полный импульс I_n [1].

От условий заряжания зависят тяга и удельный импульс тяги, которые называют тяговыми характеристиками двигателя.

Также эти характеристики зависят от конструкции РДТТ, параметров движения и параметров рабочего процесса. Конструкция двигателя напрямую зависит от тяговых характеристик, так как они показывают качество работы и экономичность двигателя.

Под удельным импульсом тяги РДТТ понимается отношение полного импульса тяги к общей массе продуктов сгорания, истекающих из камеры сгорания за полное время работы двигателя [2].

Энергетические свойства РД (ракетный двигатель) наиболее полно отражает в себе удельный импульс тяги.

Для его расчета используют теоретические термодинамические методы. Расчёт позволяет вычислить следующие критерии: равновесный состав и температуру продуктов сгорания; параметры и термодинамические свойства рабочего тела, вне зависимости от сечения сопла.

После проведения расчета определяются идеальные характеристики РД и параметры процесса, хотя они будут отличаться от реальных, так как в решении присутствует некоторое

количество допущений, в которых процесс сгорания топлива идеализирован и не соответствует реальным условиям протекания процесса.

В реальных условиях процесс представляет собой образование продуктов сгорания (ПС) из-за горения твёрдого топлива, их перемещение по камере сгорания и выход через сопло.

Каждая стадия данного процесса не на 100% подчиняется идеальной термодинамической модели, что приводит к уменьшению значения удельного импульса относительно теоретически рассчитанного, а эту разницу называют потерями удельного импульса.

Реальное значение получают за счёт испытаний двигателя.

В РДТТ разделяют два вида потерь: протекающие внутри камеры сгорания и внутри сопла. Необходимо учитывать эти потери при теоретическом расчете.

Тяговые характеристики определяются специальными средствами измерения. Тензометрические и частотно-вибрационные датчики силы используют при измерении тяги двигателя, а также существуют стапели- измерительные стенды.

Существует два вида измерения импульса тяги: численные и стендовые. К стендовым устройствам относят импульсометры, которые можно разделить на маятниковые и импульсометр- маховики.

Самое точное значение импульса тяги даёт импульсометр маятникового типа. Однако данный тип устройств является сложным для монтажа, ремонта, а также требует большого времени для подготовки к исследованию, так как являются очень громоздкими устройствами.

Для определения удельного импульса тяги существует несколько методик. Первая- измерение

тяги и расхода: $I_y = \frac{P}{m}$. Однако секундный массовый расход в РДТТ трудно измерить, поэтому данный метод не нашёл своего практического применения.

Вторая методика, которая является более простой и легко применимой на практике- это использование значения полного импульса тяги и массы топлива:

$$I_y = \frac{I_n}{m_T}$$

Сам способ является достаточно точным, а значение полного импульса тяги определяется с помощью диаграмм тяги и имеет численные значения.

При анализе времени выхода и после действия двигателя, было выяснено, что данный численный метод может быть использован и даёт допустимую погрешность.

В статье были проанализированы методы определения тяги, показаны наиболее оптимальные из них, а также средства определения этих характеристик.

Список литературы:

1. Волков В.Т. Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей твёрдого топлива. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007
2. Ерохин Б.Т. Теоретические основы проектирования РДТТ. – М.: Машиностроение, 1982