

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ СОЗДАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ НАНОСПУТНИКОВ НА ОДНОКОМПОНЕНТНОМ ТОПЛИВЕ

Максимов А.Д.

Самарский университет, г. Самара, asddsa2014@mail.ru

*Ключевые слова: наноспутник, двигательная установка, методы создания.*

Для выполнения задач, поставленных перед наноспутником (НС), он должен быть полнофункциональным. Таким образом, необходимым элементом является устройство управления положением и ориентацией в пространстве. Для управления вдоль 6 степеней свободы необходимо обеспечить движение относительно центра масс (ЦМ) и движение самого ЦМ в космическом пространстве. Для этого подходит двигательная установка (ДУ) на однокомпонентном жидком топливе [1].

Можно выделить следующие основные элементы, необходимые для функционирования ДУ: 1) двигатель; 2) система хранения и подачи топлива; 3) арматура и гидравлические магистрали; 4) система автоматического управления (САУ); 5) силовой каркас; 6) электрические провода; 7) система термостатирования.

При проектировании двигателя ставится глобальная задача – формирование системного образа, представляющего совокупность функциональных и структурных свойств. А также технологии изготовления и аттестация изделия. При этом решаются следующие задачи: 1) термодинамический расчёт камеры; 2) газодинамический расчёт камеры; 3) тепловой расчёт камеры; 4) расчёт узла подачи топлива; 5) разработка технологии изготовления и производство; 6) проведение испытаний и аттестации двигателя.

Основой функционального проектирования является термодинамический и газодинамический расчёт камеры двигателя. Теоретический расчёт подобных двигателей и фактические результаты испытаний могут иметь отклонение по температурным параметрам в камере разложения порядка 10%. Таким образом, термодинамические свойства на входе в сопло могут отличаться от расчётных, а они, в свою очередь, влияют на величину удельного импульса тяги. Возникает необходимость оценки совершенства рабочих процессов в камере, в частности, количества неразложившегося топлива. Для этого необходимо проводить замер давления в камере, однако датчик имеет большой объём, который нарушает картину течения газа. При проведении газодинамического расчёта сочетание низких чисел Рейнольдса и чисел Маха приводит к высоким значениям числа Кнудсена (0,01-0,1), при которых нельзя принимать допущения о сплошности среды и значении нулевой скорости на стенке камеры.

Топливные магистрали и узел впрыска чаще всего представляют собой капилляр, диаметр которого может достигать десятых долей миллиметра. Существующие методы расчёта прямолинейных капилляров [2] дают достаточную сходимость, но не учитывают возможность изготовления капилляра в виде изогнутой трубки, что часто применяется для предотвращения заброса давления и тепла в клапан. Также значительное отклонения формы сечения от круглой и неравномерная шероховатость по длине капилляра может приводить к значительному отклонению массового расхода от теоретической величины.

При проведении теплового расчёта камеры возникает проблема определения теплового состояния стенки камеры. При использовании уравнения теплового баланса на стенке камеры необходимо определить значения коэффициента конвективного теплообмена, который зависит от характера течения в пограничном слое. Также при работе двигателя возникает необходимость отвода тепла от камеры. Эта проблема в основном решается с помощью моделей, учитывающих теплопроводности и толщины элементов камеры [3]. Чаще всего задаётся постоянное тепловыделение с источника, однако данная модель при импульсном режиме работы двигателя даёт неадекватные результаты.

С технологической точки зрения, необходимо обеспечить минимальное отклонение размеров от проектных, а также высокую чистоту проточных поверхностей, что является

значительной проблемой при столь малых размерах. Во время аттестации необходимо подтвердить соответствие параметров двигателя, что может быть проблематичным из-за отсутствия стандартных средств измерения столь малой тяги, а также давления в камере.

Проектирование системы хранения и подачи топлива заключается в расчёте объёма полостей топливного бака, потребного количества газа наддува, проведении прочностного расчёта, а также разработке заправочных горловин.

САУ ДУ включает в себя ряд систем автоматического регулирования. При их проектировании руководствуются ОСТАми, но в настоящее время также применяются современные средства для расчёта магнитной и гидравлической систем, в частности, ANSYS. При изготовлении всё чаще прибегают к микроэлектромеханическим системам (МЭМС), которые позволяют достичь высокой точности.

Силовой каркас необходим для компоновки и удобной интеграции ДУ в спутник. Так как имеются массогабаритные ограничения, то необходима разработка новых материалов, которые обеспечат лёгкость и прочность конструкции, а также устойчивость при вибрационных нагрузках.

### **Список литературы**

1. Максимов А.Д., Чубенко Т.А. Модель двигательной установки системы управления малым космическим аппаратом // Общероссийский научно-технический журнал «ПОЛЕТ». 2021. Вып. №1. С. 38-50.
2. Nigodyuk V.E. , Sulinov A.V. Investigation of the Hydraulic Characteristics of Capillary Elements of the Injector Head of Jet Engines under Conditions of Isothermal Flow of A Liquid // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 302.
3. Синицин А.П., Гоца Д.А., Румянцев А.В. Тепловой расчет жидкостного ракетного двигателя малой тяги на экологически безопасном монотопливе // Вестник московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 2. С. 109-116.

Сведения об авторе

Максимов Александр Дмитриевич, аспирант. Область научных интересов: разработка двигательных установок для наноспутников.

### **ANALYSIS OF METHODS AND MEANS FOR CREATING PROPULSION SYSTEMS FOR NANOSATELLITES USING MONOPROPELLANT FUEL**

Maximov A.D.

Samara National Research University, Samara, Russia, [asdds2014@mail.ru](mailto:asdds2014@mail.ru)

*Keywords: nanosatellite, propulsion unit, means of development/*

The article presents the results analysis main components of propulsion unit for nanspacecraft. Received data of exhaust methods and means of propulsion unit.