

УДК 621.453

ББК 39.65

P-19

ОРГКОМИТЕТ:

Александров А.А. – председатель, Федоров И.Б., Зимин В.Н., Ягодников Д.А., Воронежский А.В., Крылов В.И., Полянский А.Р., Жердев А.А., Суровцев И.Г., Сухов А.В., Цегельский В.Г., Румянцев Б.В., Куприянов А.Г., Губертов А.М., Хомяков И.Б., Шишков А.А., Павлов Д.Г.

Программно-публикационная комиссия:

Бардакова Е.И., Ворожеева О.А., Зайцева О.А., Полянский А.Р., Филимонов Л.А.

P-19 Ракетно-космические двигательные установки: сб. материалов Всероссийской научно-технической конференции / Ягодников Д.А., сост. – М.: ИИУ МГОУ, 2013. – 134 с. ISBN 978-5-7017-2151-5

В сборнике трудов конференции помещены материалы по исследованию процессов горения и теплообмена в ракетных двигательных установках, рабочим процессам и теории двигателей, конструкции и прочности двигателей, проблемам надежности двигателей, энергетических установок и их систем, автоматизации проектирования и производства двигателей, производству и прогрессивным технологиям ракетного двигателестроения, а также по определению перспектив развития и применения ракетно-космических двигательных установок и ракетных технологий.

Сборник предназначен научным работникам, студентам, аспирантам и специалистам ракетно-космической отрасли.

Издается в соответствии с планом работ по приоритетному направлению развития «Космическая техника и технологии» МГТУ имени Н.Э. Баумана как национального исследовательского университета техники и технологий.

Все материалы публикуются в авторской редакции.

За содержание материалов ответственность несут их авторы.

УДК 621.453

ББК 39.65

ISBN 978-5-7017-2151-5

© Ягодников Д.А., составление, 2013

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013

© Оформление. ИИУ МГОУ, 2013

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА АКТИВНОГО ГАЗА ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ГАЗОЭЖЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВЫСОТНОГО ОГНЕВОГО СТЕНДА НАУЧНО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НИК-101 НИИМАШ

Салич В.Л.

ФГУП «НИИМаш», г. Нижняя Салда

В рамках ОКР «База-М» проводятся работы по созданию опытного образца генератора активного газа повышенной энергетики с целью снижения потребного расхода воздуха для газозежекторных установок высотного огневого стенда 101 комплекса НИИМаш. Необходимость проведения данных работ обусловлен тем, что располагаемый объем хранилища воздуха высокого давления, а также внутренние диаметры существующих магистральных трубопроводов накладывают ограничения на расход воздуха, что затрудняет проведение отработки в высотных условиях планируемых перспективных двигателей с высокими значениями тяг и степенями расширения сопел.

В ходе работы выполнены расчеты трех вариантов реализации генератора активного газа:

1. Разогрев сжатого воздуха в теплообменнике (в качестве греющей среды используются продукты сгорания дожигателей выхлопных и дренажных газов).

2. Образование активного газа в газогенераторе, рабочими телами которого являются воздух и керосин.

3. Образование активного газа в газогенераторе, рабочими телами которого являются воздух, керосин и вода.

По результатам расчетов показано, что вариант с теплообменником является неприемлемым ввиду значительных габаритов. Применение газогенератора на рабочих телах керосин и воздух позволяет снизить расход воздуха с 2 кг/с до 1,23 кг/с, а применение рабочих тел керосин, воздух и вода - до 0,75 кг/с, но при увеличенном на 0,024 кг/с расходе керосина. Преимущество какого-либо варианта газогенератора на данном этапе работ не является очевидным. В связи с этим предложена компоновка газогенератора, состоящая из двух модулей: камеры сгорания (универсальный модуль) и сменного смесителя, разработаны конструкции вариантов газогенератора.

К настоящему времени экспериментально подтверждена работоспособность камеры сгорания, достигнуты требуемые параметры.

Следует отметить, что предложенные схемные и конструкторские решения позволили достичь следующих результатов:

1. Камера работоспособна в широком диапазоне изменения входных давлений рабочих тел.

2. Схема организации рабочего процесса и способ запуска позволяют осуществлять запуск камеры без дополнительных вспомогательных устройств.

3. Разборная конструкция камеры позволяет легко проводить диагностику ее состояния в процессе эксплуатации.

В докладе представляются результаты расчетов, варианты компоновки газогенератора, конструкции узлов газогенератора, результаты испытаний камеры сгорания, обосновываются принятые конструкторские и схемные решения.

НАЗЕМНАЯ ОТРАБОТКА КАПИЛЛЯРНЫХ ФАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОРИСТО-СЕТЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ ЖРДУ ВЕРХНИХ СТУПЕНЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ, РАЗГОННЫХ БЛОКОВ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Сапожников В.Б.¹, Крылов В.И.², Новиков Ю.М.², Ягодников Д.А.³

¹ООО НТВЦ «ЭДУКОН», г. Юбилейный, Московская область.

²ООО «ЦВТМ при МГТУ имени Н.Э. Баумана», г. Москва.

³ФГБОУ ВПО МГТУ имени Н.Э. Баумана, г. Москва

Одной из проблем, возникших одновременно с началом практического освоения космического пространства в конце 50-х годов прошлого столетия, стала проблема обеспечения многократного запуска ЖРД космических аппаратов (КА), верхних ступеней ракет-носителей (РН) и разгонных блоков (РБ) в условиях, близких к невесомости.

Возможность многократного запуска ЖРД в условиях, близких к невесомости, представляет проблему, поскольку жидкое топливо, как и любые предметы в невесомости, хаотически располагается внутри баков, и не будет поступать в систему питания двигателя при отсутствии силы тяжести, если не предпринимать специальных мер или технических устройств.

Среди всех известных технических устройств и способов, обеспечивающих многократный запуск ЖРД в условиях, близких к невесомости, одно из первых мест по распространенности занимают внутрибаковые устройства (ВБУ) на основе так называемых капиллярных фазоразделителей (КФР).

Принцип работы этих устройств заключается в том, что для предотвращения прорыва газа наддува в расходные магистрали ТБ при запуске ЖРД в невесомости используют силы поверхностного натяжения (капиллярные силы), величина которых тем больше, чем меньше характерный размер ячеек КФР.

характер и зависят от геометрических размеров форсунок. Наибольшие отличия, превышающие 1%, соответствуют смесительному блоку, состоящему из форсунок с оптимальным значением угла входной фаски. Проведены исследования влияния геометрии и расположения форсунок в смесительном блоке на параметры течения. Показано, что при моделировании процессов горения в КС интегральный коэффициент расхода смесительного блока по сравнению с холодными "проливками" уменьшается и составляет не менее 1%.

Проведенные исследования показали, что современные методы вычислительной гидродинамики позволяют с высокой степенью достоверности прогнозировать параметры струйных форсунок и смесительного блока. Моделирование различных конструктивных схем выполнения смесительного блока позволяет выбрать оптимальную его конструкцию, обусловленную изменением геометрических размеров исходных форсунок и их расположением.

Список литературы

1. Сточек Н.П., Шапиро А.С. Гидравлика жидкостных ракетных двигателей – М. Машиностроение, 1978, 128 с.
2. Сабирзянов А.Н., Тырышкин Р.А., Фафурин В.А., Фефелов В.В., Явкин В.Б. Применение RANS моделей турбулентности для расчета коэффициента расхода в расходомере со стандартной диафрагмой – Вестник Удмуртского университета «Математика. Механика. Компьютерные науки», 2010 г., Вып. 2, с.109-116.
3. Сабирзянов А.Н., Лукьянов П.В. Влияние на параметры потока конструктивных особенностей газораспределительной решетки в ЖРД с дожиганием генераторного газа – Изв. Вузов. «Авиационная техника», 2011, №3, с.31-36.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАМЕР РДМТ НА КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

*Ваулин С.Д., Салич В.Л.
ЮурГУ, г. Челябинск*

Появление большого числа схем организации рабочего процесса в камерах ракетных двигателей малой тяги (РДМТ) связано, в основном, с отсутствием в настоящее время надежных методов расчета процессов смесеобразования и преобразования топлива в продукты сгорания. По этой причине требуется проведение дорогостоящей экспериментальной отработки, число натуральных экземпляров при которой может составлять

несколько десятков, в то время как в современных условиях жесткой конкуренции на мировом рынке космических услуг, наряду с повышенными требованиями к техническим параметрам предъявляются особые требования к минимизации сроков и затрат на создание ракетно-космической техники.

Важнейшей мировой тенденцией последних десятилетий является возрастающее внедрение в процесс проектирования САЕ-систем (*Computer-Aided Engineering*), создаваемых на базе последних достижений в предметных областях естественных наук, вычислительной математики и компьютерных технологий, и позволяющих проводить расчетно-теоретические исследования различных вариантов конструкций еще на ранних стадиях проектирования. Это дает возможность значительно снизить сроки и финансовые затраты на создание РДМТ за счет частичного сокращения или исключения длительного и дорогостоящего этапа сравнительных испытаний.

Результатом настоящей работы явилось создание камеры РДМТ на перспективном кислородно-водородном топливе. В процессе проектирования использовалась система ANSYS CFX, в которой была реализована математическая модель течения многокомпонентного гомогенного рабочего тела с учетом смесеобразования и горения, подробно представленная в [1]. Расчеты выполнялись на суперкомпьютере «Торнадо» Южно-Уральского государственного университета.

Результаты моделирования исходного варианта камеры КВ-1 выявили ее неработоспособность из-за высоких температур в области элементов конструкции (наружное охлаждение не предусматривалось), в связи с чем было принято решение эту камеру не изготавливать. По результатам расчетно-теоретических исследований конструкция камеры сгорания видоизменялась (всего было исследовано 16 вариантов) до тех пор, пока не удалось достичь высокой полноты сгорания с наличием вблизи элементов конструкции зон с пониженными температурами (рис. 1).

Изготовленная камера КВ-16 прошла огневые испытания, которые подтвердили ее работоспособность (максимальное время одного включения (лимитировалось запасом водорода) составило ~ 23 с.) и показали приемлемые энергетические характеристики. Следует отметить, что расчетно-теоретические исследования, позволившие получить «с листа» высокоэффективную конструкцию камеры РДМТ, были выполнены в течение одного месяца, что еще раз убедительно демонстрирует преимущества использования численного моделирования в процессе проектирования.

В процессе расчетно-теоретических исследований также было показано, что при закрученной подаче газообразных компонентов топлива в камеру сгорания могут реализовываться завышенные давления за счет

значительной динамической составляющей полного давления, обусловленной окружной скоростью. Последнее обстоятельство приводит к завышенным значениям расходного комплекса, определенного по давлению в камере сгорания. Следовательно, при экспериментальных исследованиях камер замер тяги является обязательным.

В докладе представляются варианты конструкций камер РДМТ, результаты расчетно-теоретических исследований, сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными, демонстрируются случаи, когда в камере сгорания с низкоэффективной организацией рабочего процесса реализуется завышенное давление и определенный по нему коэффициент расходного комплекса.

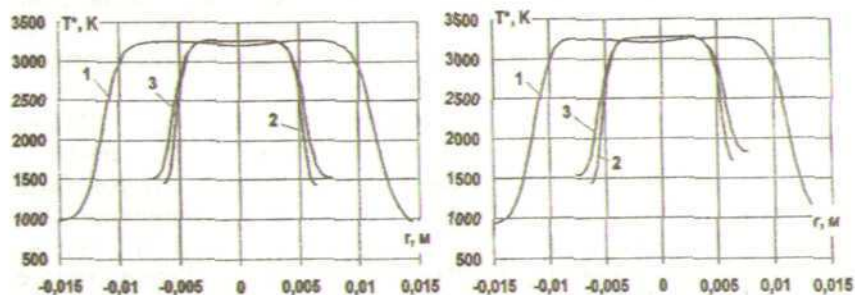


Рис. 1. Распределение температуры торможения рабочего тела в камере КВ-16 вдоль взаимно перпендикулярных диаметральных линий: 1 – вход в сопло, 2 – критическое сечение, 3 – срез сопла

Работа выполнена за счёт субсидий на финансовое обеспечение госзадания «Научные основы разработки управляемых газоструйных систем».

Список литературы

1. Ваулин С.Д., Салич В.Л. Методика проектирования высокоэффективных ракетных двигателей малой тяги на основе численного моделирования внутрикамерных процессов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение», №12 (271), выпуск 19 – Челябинск.: ЮУрГУ, 2012 – С.43-50.