

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЖРДМТ ТЯГОЙ 400 Н ПО ДЕФЛЕКТОРНО-ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СХЕМЕ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВА АТ И НДМГ

© 2012 Ю. И. Агеенко, Р. В. Ильин, И. В. Пегин, Е. А. Шаламов

Конструкторское бюро химического машиностроения имени А.М. Исаева -
филиал «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева», г. Королёв

Проведено исследование возможности использования дефлекторно-центробежной схемы смесеобразования при создании двигателя тягой 400 Н. Приведены анализ схемы, результаты холодных проливок и огневой работы опытного образца двигателя.

Двигатель, дефлекторно-центробежная схема, форсуночная головка, дефлектор, факел распыла

В Конструкторском бюро химического машиностроения имени А.М. Исаева - филиале ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» разработаны четыре двигателя, содержащие оригинальный смесительный элемент ЖРДМТ с дефлекторно - центробежной схемой жидкофазного смешения компонентов АТ и НДМГ на внутренней стенке камеры сгорания (рис. 1).

Это ЖРДМТ:

- С5.142, тягой 25 Н, применяется в объектах разработки НПО им. С.А.Лавочкина, ГНПРКЦ «ЦСКБ - Прогресс», КБ «Салют», а также РКК «Энергия» для пилотируемого корабля «Союз-ТМА»;

- С5.145, тягой 50 Н, предназначен для использования в объекте разработки НПО им. С.А.Лавочкина по теме «Луна-Глоб»;

- 5.144, тягой 100 Н, предназначен для использования в многоцелевом лабораторном модуле (МЛМ) для МКС;

- С5.146, тягой 200 Н, предназначен для использования в одном из модулей МКС.

Все эти ЖРДМТ обеспечивают высокий удельный импульс, работоспособность при больших ресурсах и высокую надёжность, обусловленную значительным запасом по температуре элементов двигателей при их работе [1].

Конструктивная схема смесительного элемента этих ЖРДМТ представлена на рис. 1.

Окислитель АТ через струйные форсунки 2 попадает на конический дефлектор 4, где струя преобразуется в первичную

плёнку, которая, стекая с кромки дефлектора, попадает на внутреннюю стенку камеры сгорания 5, преобразуется во вторичную плёнку и течёт по внутренней стенке камеры сгорания до места встречи с плёнкой горючего, которая попадает на внутреннюю стенку камеры сгорания через факел распыла центробежной форсунки горючего 1, соосной с камерой сгорания.

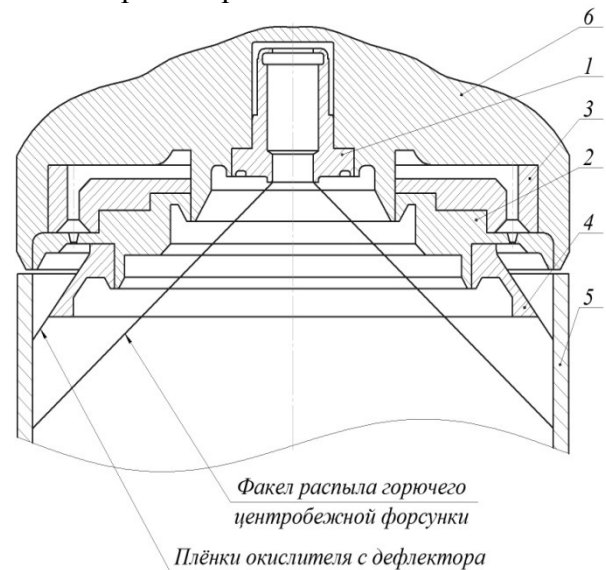


Рис.1. Конструктивная схема смесительного элемента: 1-центробежная форсунка горючего, 2-струйная форсунка окислителя, 3-коллектор, 4-дефлектор, 5-стенка камеры сгорания, 6-корпус

От точки встречи плёнки окислителя и горючего, соприкоснувшись, продолжают течь по стенке камеры сгорания, одновременно взаимно проникая друг в друга и осуществляя жидкофазное смешение самовос-

пламеняющихся компонентов с образованием продуктов преобразования топлива.

Таким образом, практически всё топливо попадает на внутреннюю стенку камеры сгорания, участвует в её охлаждении и перераспределении значительной части теплового потока, направленного по стенке камеры от критического сечения в сторону форсуночной головки [2].

В данной схеме окислитель АТ первым попадает в верхнюю часть внутренней стенки камеры сгорания и течёт по ней с большей длиной пробега, чем горючее. Это сделано для того, чтобы обеспечить более эффективное охлаждение, так как АТ обладает большей охлаждающей способностью. К тому же из-под конуса, образованного первичными плёнками окислителя идёт отбор газа на замер давления в камере сгорания (P_k) или на сигнализатор давления в камере (СДК), если требуется установка такого СДК. При этом в клапане отбора давления образуется «кислая» среда и не происходит «коксования» как в непрерывном, так и в импульсном режиме. Дефлектор в данном смесительном элементе способствует тепловой защите форсуночной головки, являясь экраном, уменьшающим лучистый тепловой поток от горячих газов в камере сгорания.

Указанные выше преимущества смесительного элемента ЖРДМТ с дефлекторно – центробежной схемой жидкофазного смешения компонентов топлива выделяют его из множества других как наиболее перспективный, позволяющий обеспечить высокий удельный импульс с приемлемым тепловым состоянием при работе двигателя с большим запасом по температуре элементов.

Однако применение данной схемы смешения для ЖРДМТ больших тяг, например 400 Н, связано с определёнными трудностями, обусловленными тем, что в данном смесительном элементе используется только одна центробежная форсунка горючего, соосная с камерой сгорания. С увеличением тяги двигателя увеличивается и диаметр камеры сгорания, а следовательно, увеличивается длина свободного пролёта плёнки горючего в конусе распыла центробежной форсунки до встречи с внутренней стенкой камеры сгорания. Необходимо подобрать параметры центробежной форсунки,

обеспечивающие устойчивость плёнки горючего (отсутствие распада плёнки) на этом пролёте до встречи со стенкой камеры сгорания. Также трудности (из-за увеличенного расхода окислителя) возникают в подборе параметров струйных форсунок окислителя, обеспечивающих оптимальное распределение плёнок окислителя на дефлекторе и поверхностях камеры сгорания [3].

Был спроектирован и изготовлен двигатель С7.10.910-0 тягой 400 Н с дефлекторно – центробежной схемой смешения, представленной на рис. 1.

При разработке принимались следующие исходные данные:

- компоненты топлива АТ и НДМГ;
- номинальное давление компонентов топлива на входе – 1,5 МПа;
- работоспособность в диапазоне давлений компонентов топлива на входе – от 0,5 до 2,5 МПа;
- соотношение компонентов топлива при номинальном давлении на входе – 1,85;
- геометрическая степень расширения сопла – 100;
- время включения – 0,05 ... 1000 с.

Было изготовлено и испытано три двигателя С7.10.910-0.

На рис. 2 показана форсуночная головка этого двигателя, а на рис. 3 и 4 представлены фотографии плёнок конуса распыла центробежной форсунки и плёнок, стекающих с конического дефлектора при проливах водой линий горючего и окислителя.

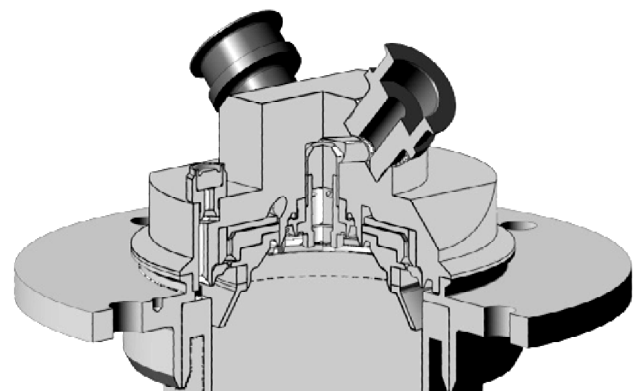


Рис.2. Форсуночная головка двигателя С7.10.910-0

Как видно на рис. 3, плёнка в конусе распыла центробежной форсунки долетает

до внутренней стенки камеры сгорания, практически не распадаясь.

На рис. 4 видно равномерное образование плёнок и «жгутов» от их бокового взаимодействия на поверхности конического дефлектора.

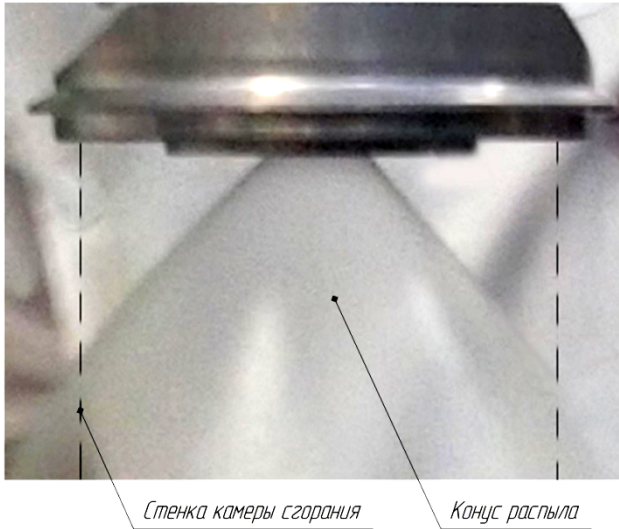


Рис. 3. Плёнка конуса распыла центробежной форсунки по линии горючего

Двигатели были испытаны в широком диапазоне изменений давлений компонентов топлива на входе от 0,5 МПа до 2,5 МПа.

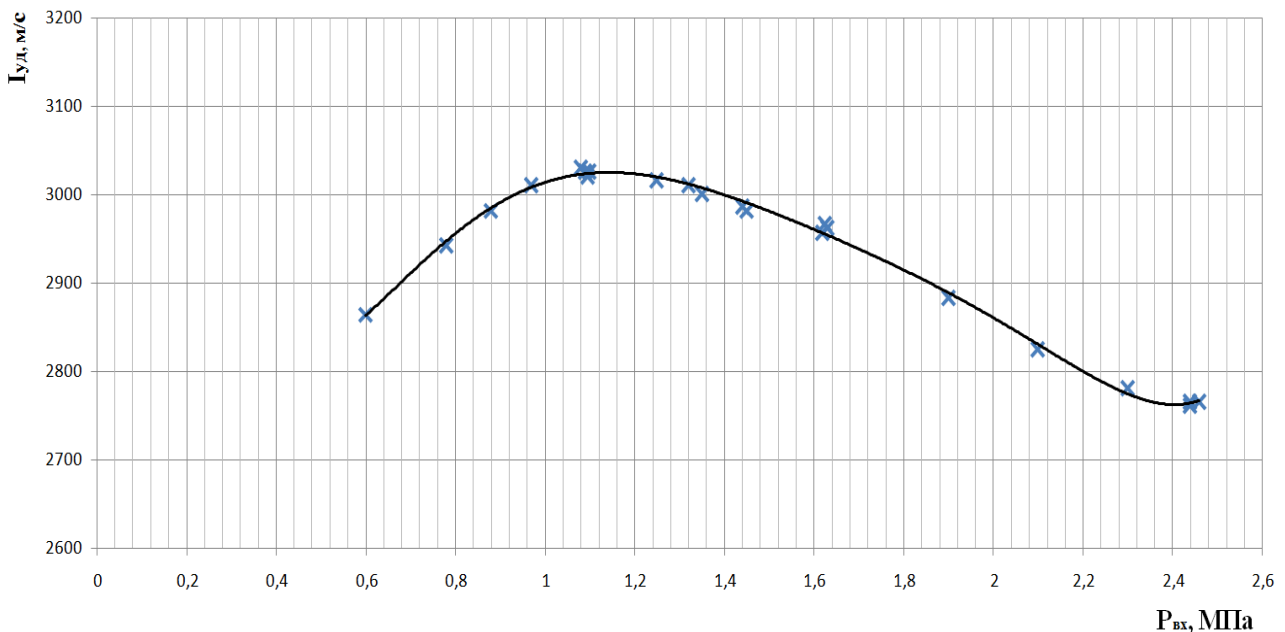


Рис. 5. График зависимости удельного импульса тяги от давлений компонентов топлива на входе в двигатель

На рис. 6 представлено изменение давления в камере сгорания в течение всего времени включения, зарегистрированное датчиком давления ДДИ-21М, а также реги-

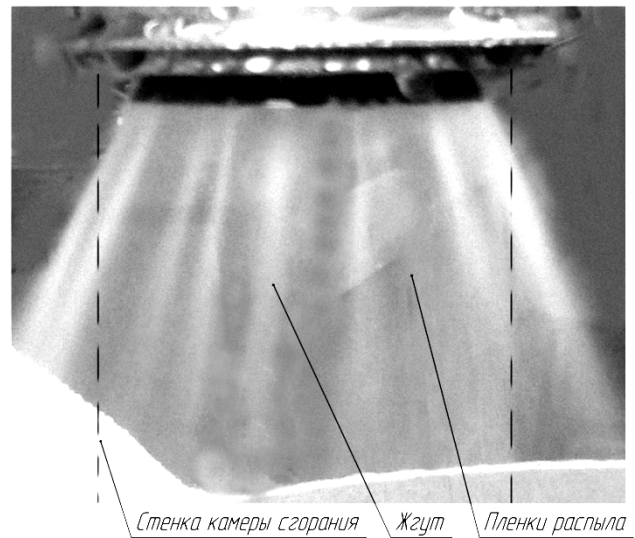


Рис. 4. Плёнка по линии окислителя с конического дефлектора

Они показали устойчивую работу в этом диапазоне давлений и высокую экономичность. На рис. 5 представлен график зависимости удельного импульса тяги от давлений компонентов топлива на входе в двигатель, построенный по результатам огневых испытаний.

страция величины тока в электромагнитных клапанах и давления окислителя и горючего на входе в двигатель. Видна довольно устойчивая работа двигателя.

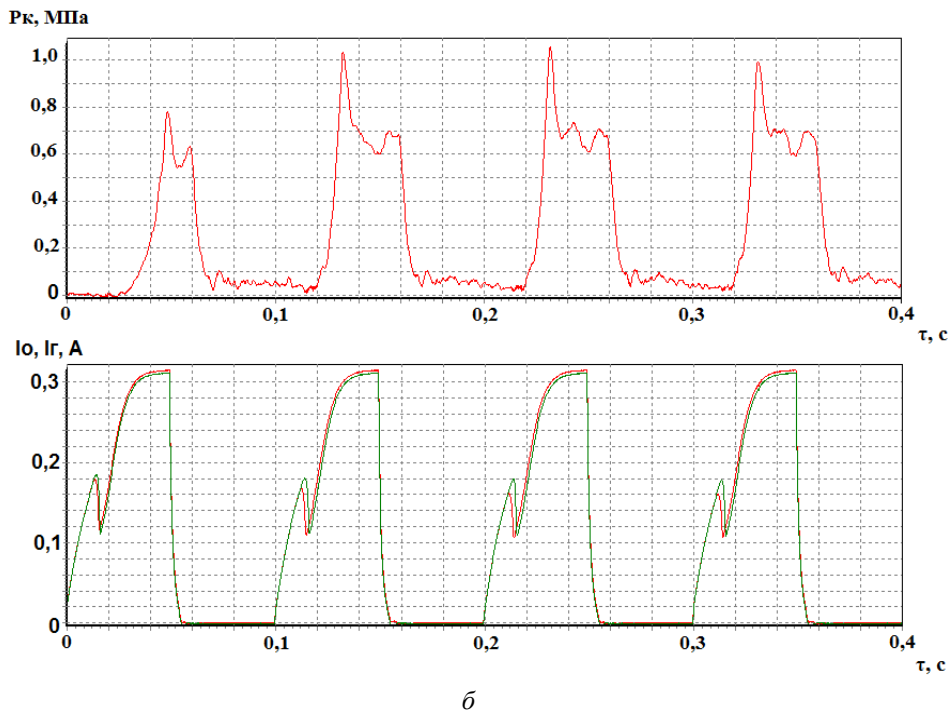
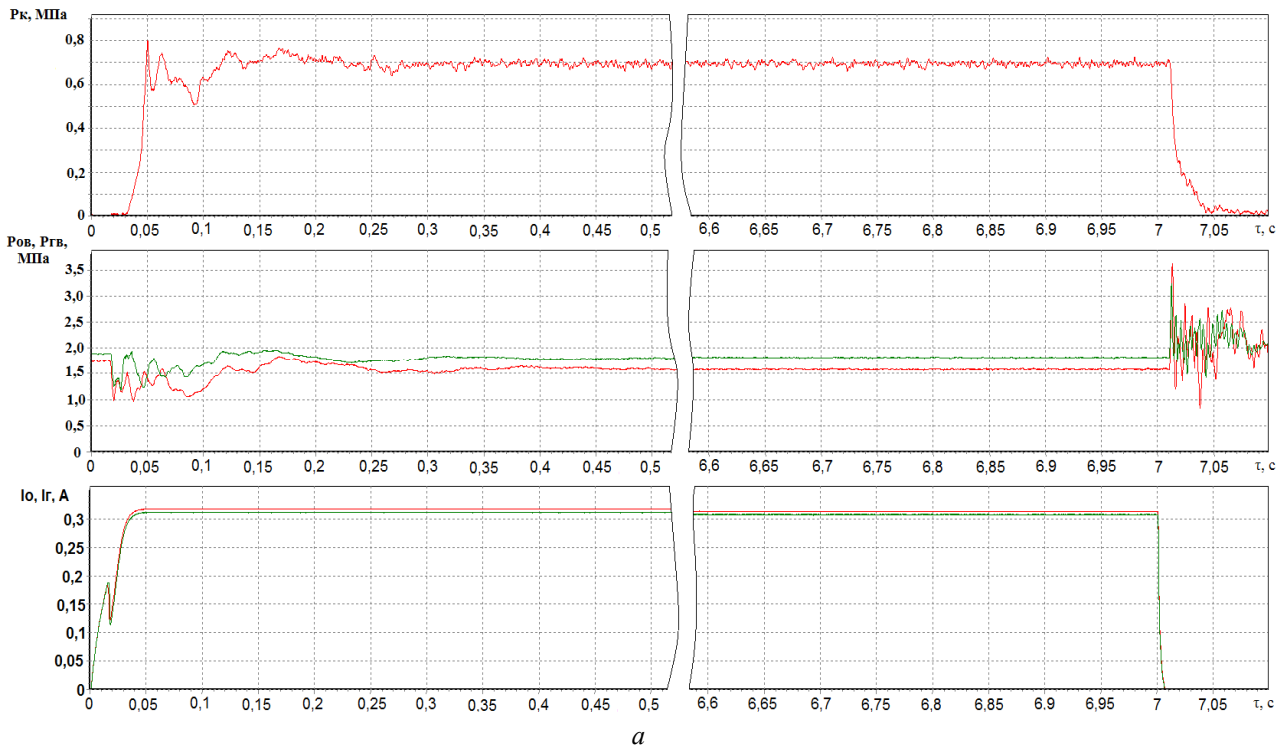


Рис.6. Графики изменения параметров при работе двигателя: а – непрерывный режим, б – импульсный режим

Выводы

1. Проведённые испытания двигателей С7.10.910-0 тягой 400 Н показали, что смесительный элемент ЖРДМТ с дефлекторно – центробежной схемой жидкофазного смешения компонентов АТ и НДМГ на стенке камеры сгорания, применённый в этом двигателе, обеспечивает работоспособность, высокие энергетические характеристики и устойчивую работу в широком диапазоне

изменений давлений компонентов топлива на его входах при форсировании до 490 Н и дроселировании до 170 Н.

2. Испытания выявили возможность внесения конструктивных изменений для улучшения характеристик двигателя.

Библиографический список

1. Агеенко, Ю.И. Исследование параметров смесеобразования и методический под-

ход к расчётам и проектированию ЖРДМТ со струйно-центробежной схемой смешения компонентов АТ и НДМГ на стенке камеры сгорания [Текст] / Ю.И. Агеенко // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. - № 3 (19). –Ч. 2. – С.171-177.

2. Агеенко, Ю.И. Однокомпонентные и двухкомпонентные ЖРДМТ нового поколения для малых спутников [Текст] / Ю.И. Агеенко // 1-я междунар. конф. – выставка «Малые спутники, новые технологии, дос-

тижения, проблемы и перспективы международного сотрудничества в новом тысячелетии». – Королёв, Моск. обл., ЦНИИМАШ, 16 – 20 ноября 1998. – Секция VIII. Двигательные установки.

3. Экспериментальное исследование, разработка методов и программ расчёта процессов вторичного растекания в струйных смешительных элементах [Текст] / Ю.И. Агеенко, С.А. Алексеев, В.Е. Нигодюк [и др.] // НТО № 666, - Куйбышев: КуАИ, 1989.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF THE CREATION LREST BY THRUST 400 N WITH A BAFFLE - CENTRIFUGAL SCHEME OF NT AND NDMG MIXING

© 2012 Y. I. Ageenko, I. V. Ilin, I. V. Pegin, E. A. Shalamov

Isayev chemical engineering design bureau – branch Krunichev State Research and
Production Space Center

Investigation of the possibility of the creation LREST by thrust 400 N is organized. Broughted analysis of the scheme and results cool working and fire functioning the pilot model of the engine.

Engine, baffle-centrifugal scheme, mixing element, factor liquid phase mixtures.

Информация об авторах

Агеенко Юрий Иванович, главный конструктор направления, начальник отдела жидкостных ракетных двигателей малой тяги Конструкторского бюро химического машиностроения имени А.М. Исаева - филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева». E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru. Область научных интересов: организация рабочих процессов в жидкостных ракетных двигателях малой тяги, исследование параметров смесеобразования в них.

Ильин Руслан Владимирович, инженер-конструктор отдела жидкостных ракетных двигателей малой тяги Конструкторского бюро химического машиностроения имени А.М. Исаева - филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева». E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru. Область научных интересов: проектирование жидкостных ракетных двигателей малой тяги.

Пегин Иван Вячеславович, заместитель начальника отдела жидкостных ракетных двигателей малой тяги Конструкторского бюро химического машиностроения имени А.М. Исаева - филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева». E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru. Область научных интересов: проектирование жидкостных ракетных двигателей малой тяги, исследование организации рабочих процессов в них.

Шаламов Евгений Александрович, начальник группы отдела жидкостных ракетных двигателей малой тяги Конструкторского бюро химического машиностроения им. А.М.Исаева - филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева». E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru. Область научных интересов: проектирование жидкостных ракетных двигателей малой тяги, проектирование систем подачи топлива.

Ageenko Yuri Ivanovich, chief designer lines, Head of the liquid rocket engine of small thrust, renowned designer. E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru. Area of research: the organization of work processes in liquid engines of small thrust, the study of parameters of mixture.

Ilin Ruslan Vladimirovich, design engineer of the department liquid rocket engines of the small thrust. E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru. Area of research: designing the liquid rocket engines of the small thrust.

Pegin Ivan Vyichoslavovich, deputy of the chief of the department liquid rocket engines of the small thrust. E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru. Area of research: designing the liquid rocket engines of the small thrust, the organization of work processes in liquid engines of small thrust.

Shalamov Evgeniy Aleksandrovich, chief of the group constructor of the department liquid rocket engines of the small thrust. E-mail: kbhimmash@korolev-net.ru. Area of research: designing the liquid rocket engines of the small thrust, system designing the presenting fuel in engine.