

## 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.

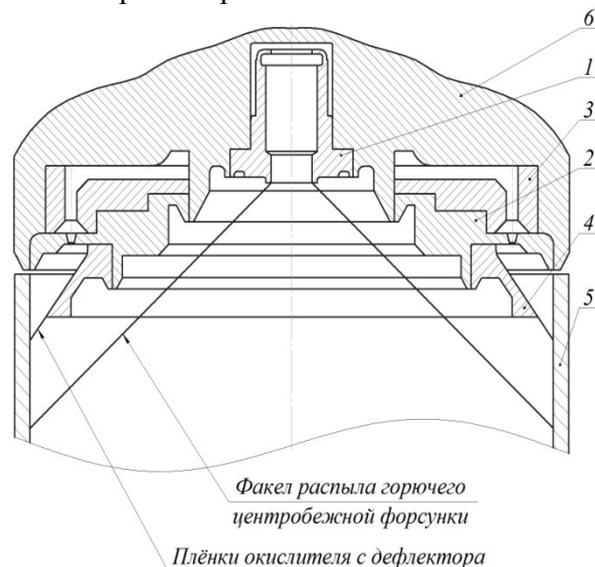


Рис.1. Конструктивная схема смесительного элемента: 1-центробежная форсунка горючего, 2-струйная форсунка окислителя, 3-коллектор, 4-дефлектор, 5-стенка камеры сгорания, 6-корпус

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.

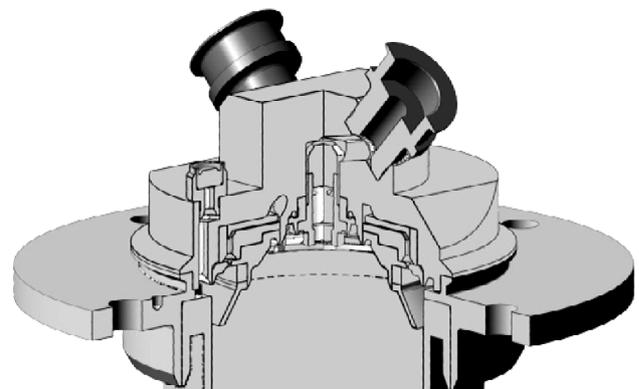


Рис.2. Форсуночная головка двигателя С7.10.910-0

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.

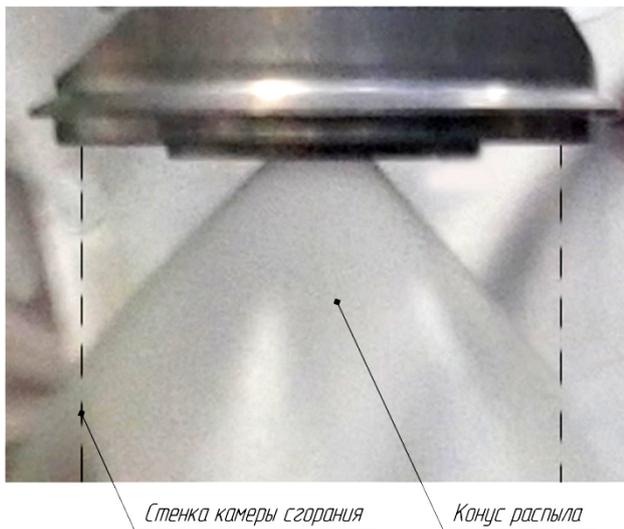


Рис. 3. Плёнка конуса распыла центробежной форсунки по линии горючего

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

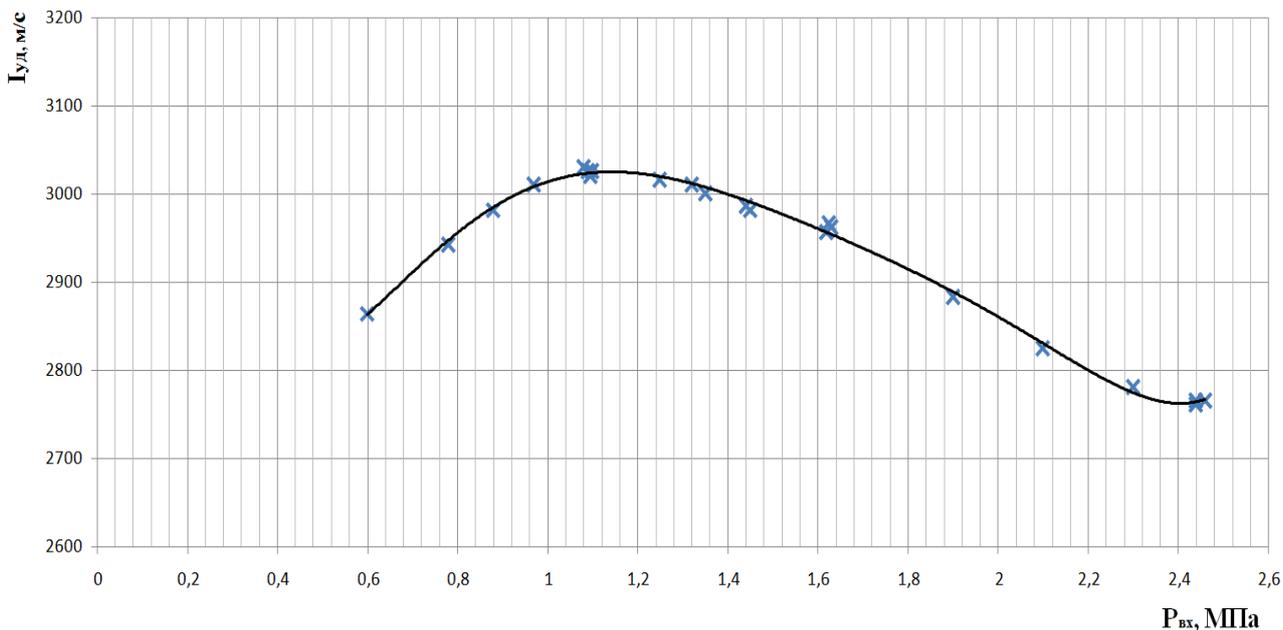


Рис. 5. График зависимости удельного импульса тяги от давлений компонентов топлива на входе в двигатель

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

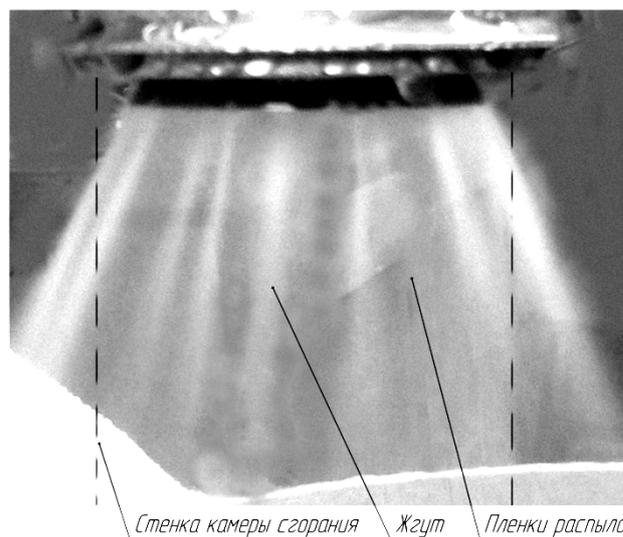


Рис. 4. Плёнка по линии окислителя с конического дефлектора

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.

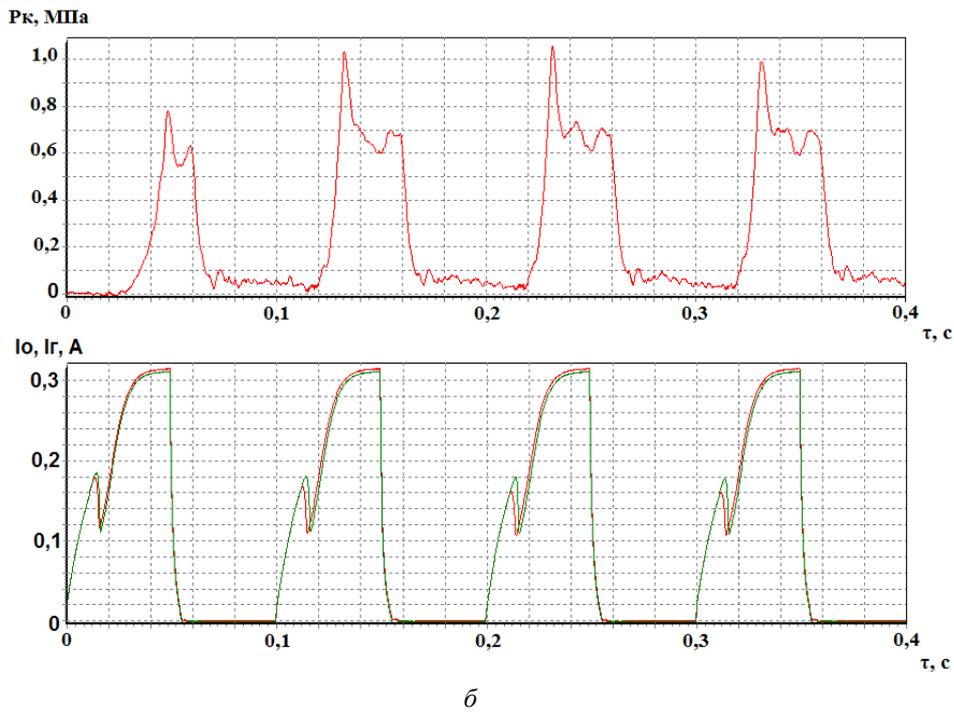
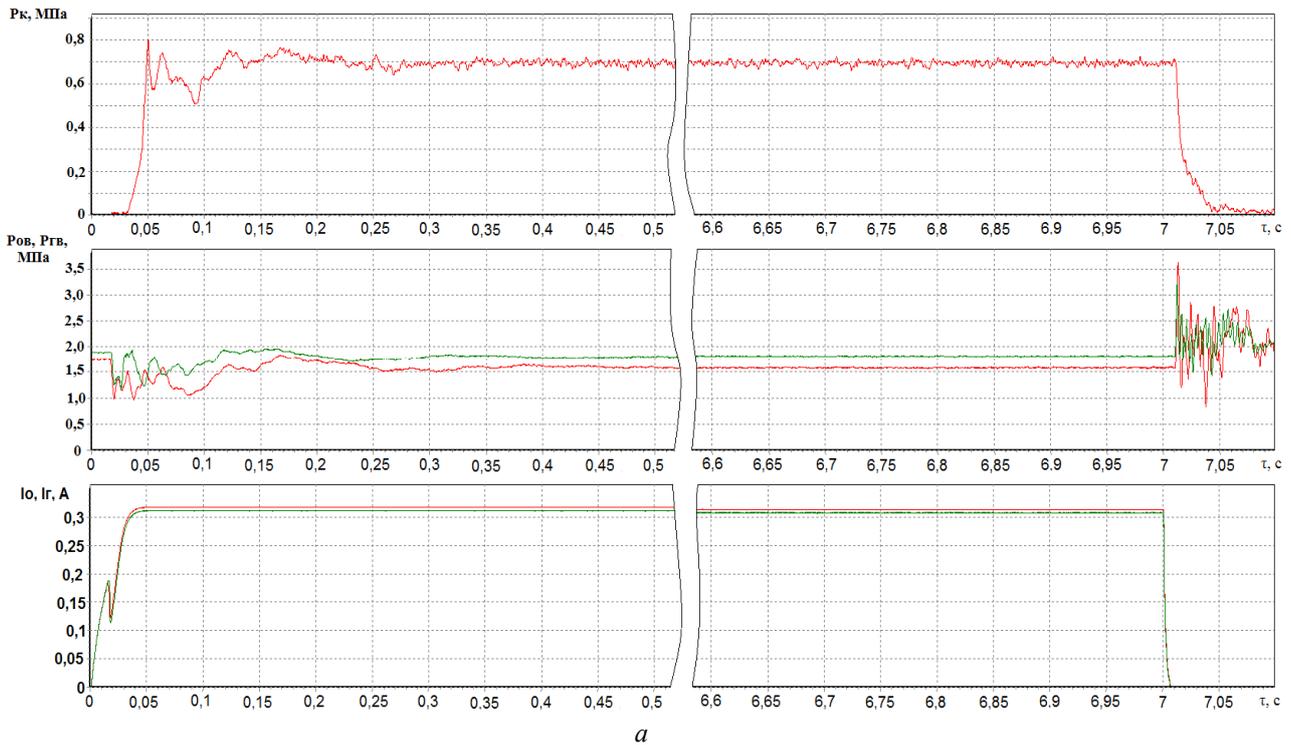


Рис.6. Графики изменения параметров при работе двигателя: а – непрерывный режим, б – импульсный режим

**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 дросселировании 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:kbhimmash@korolev-net.ru). Area of research: designing the liquid rocket engines of the small thrust, system designing the presenting fuel in engine.