

ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО
Государственный научный центр Российской Федерации -
федеральное государственное унитарное предприятие
«Исследовательский центр имени М.В. Келдыша»

УДК
Номер государственной регистрации У92849

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального
директора по науке
ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»,
доктор технических наук
_____ А. М. Губертов
“ ____ ” _____ 2015 г.

Шифр НИР: «Двигатель»
Отраслевой атлас конструкций ЖРД МТ

раздел 8, этап 8.16 (п. 2.3.8.7 ТЗ)
Государственный контракт от 05. 05. 2012 № 251-0214/12

СОГЛАСОВАНО

Генеральный конструктор «КБХМ им. А.М.Исаева» - филиала
ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева»

_____ И.А. Смирнов

СОГЛАСОВАНО

Зам. Генерального конструктора ФГУП «ОКБ «Факел»

_____ А .И. Корякин

СОГЛАСОВАНО

Главный конструктор ФГУП «НИИмашиностроения»

_____ С.А. Булдашев

СОГЛАСОВАНО

Главный конструктор двигателей , двигательных
и энергетических установок, руководитель НТЦ
ОАО «РКК «Энергия»

_____ А.А. Смоленцев

Москва 2015

РЕФЕРАТ

Атлас: 64 с., 62 рис., 31 табл., 5 источников.

ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ
МАЛОЙ ТЯГИ (ЖРДМТ), ОДНОКОМПОНЕНТНЫЕ
ЖРДМТ, ДВУХКОМПОНЕНТНЫЕ ЖРДМТ, ТОПЛИВО
АТ-НДМГ, ОДНОКОМПОНЕНТНОЕ ТОПЛИВО
ГИДРАЗИН, ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ

В атласе приведены конструкции и
характеристики жидкостных ракетных двигателей малой
тяги (ЖРДМТ) разработки ФГУП «ОКБ «Факел»,
«КБхиммаш им. А.М.Исаева» - филиала ФГУП «ГКНПЦ
им. М.В.Хруничева», ФГУП «НИИМаш», ОАО «РКК
«Энергия».

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Начальник отделения 1
кандидат физ.-мат. наук

С.В. Мосолов

Ответственный исполнитель,
ведущий научный сотрудник
кандидат техн. наук

А. В. Кочанов

Ведущий инженер

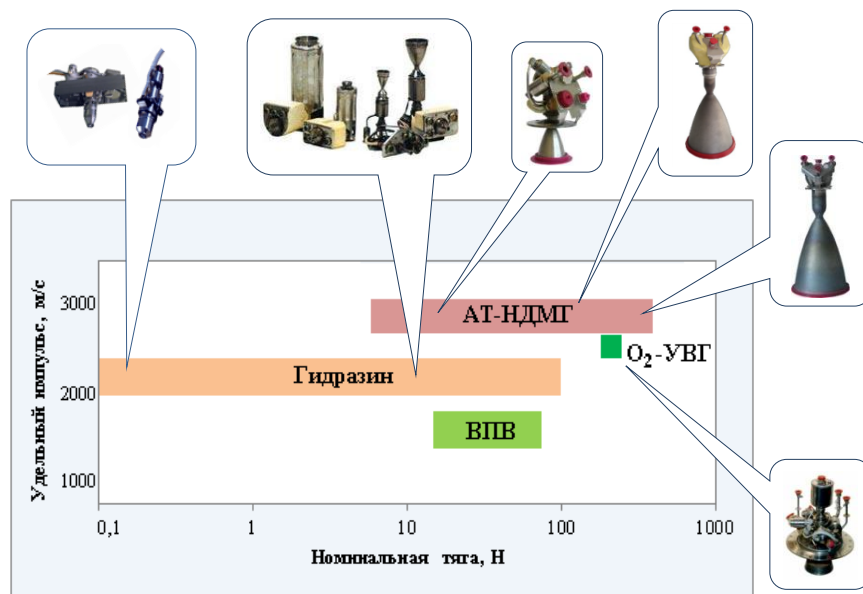
А.Г. Клименко

Атлас составлен по материалам предприятий: «КБХМ им.
А.М.Исаева» - филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева»,
ФГУП «ОКБ «Факел», ФГУП «НИИмашиностроения», ОАО
«РКК «Энергия».

ВВЕДЕНИЕ

ЖРД малой тяги (ЖРДМТ) в настоящее время являются основным видом исполнительных органов в системах коррекции, стабилизации и ориентации КА, а также в управлении РБ. Более 50-ти конструкций ЖРДМТ тягой от 0,1 Н до 400 Н, разработанных в отрасли, успешно эксплуатировались и эксплуатируются в составе объектов указанных классов. В настоящее время в эксплуатации находятся около 20-ти конструкций ЖРДМТ. Ежегодный объем поставок товарных ЖРДМТ составляет ~500 двигателей. Благодаря возможности реализации практически безграничного диапазона тяговых усилий использование ЖРДМТ для управления КА и РБ сохранит доминирующее положение.

Наиболее широко применяются двухкомпонентные ЖРДМТ на долгохранимом топливе азотный тетроксид – несимметричный диметилгидразин (АТ-НДМГ), в частности для управления КА дистанционного зондирования Земли (КА «Ресурс-ДК», «Барс-М», межпланетных КА, РБ типа ДМ и «Бриз», космических кораблей серии «Союз», «Прогресс», международной космической станцией. На высокоорбитальных КА серии «ГЛОНАСС», «Экспресс», «Луч», «Электро-Л», КА «Спектр-Р» и многих других, а также для управления РБ «Фрегат» используются однокомпонентные каталитические или термokatалитические ЖРДМТ на гидразине.



Современный ряд отечественных ЖРДМТ

На диаграмме дана характеристика созданных в отрасли ЖРДМТ, которые прошли или находятся в эксплуатации. На диаграмме также указано наличие созданных в отрасли двигателей на топливе высококонцентрированная перекись водорода (ВПВ) и «газообразный кислород-углеводородное горючее» (О₂-УВГ). Первые из них в настоящее время используются в системе исполнительных органов спуска пилотируемых аппаратов серии «Союз», а вторые входили в состав ОДУ МТКК «Буран».

В настоящее время в эксплуатации находятся ~15-ти конструкций ЖРДМТ на двухкомпонентном топливе АТ-НДМГ с номиналами тяги от 6 Н до 400 Н, разработанных ФГУП «НИИМаш» и «КБХМ им. А.М. Исаева» – филиалом ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», около 10-ти конструкций находятся в разработке или в процессе адаптации под требования вновь разрабатываемых объектов.

Разработкой однокомпонентных ЖРДМТ на гидразине в отрасли занимаются две организации – ФГУП ОКБ «Факел» и «КБХМ им. А.М. Исаева – филиал ФГУП ГКНПЦ им. М.В. Хруничева». Однокомпонентные гидразиновые двигатели созданы двух видов: двигатели термokatалитического разложения гидразина (ТКД) и двигатели каталитического разложения (КД). Опыт летной эксплуатации ТКД продемонстрировал ряд преимуществ этого типа двигателей над каталитическими. При уровне тяги 0,1...5 Н ТКД отличаются высокой точностью поддержания величины тяги, минимальной разнотяговостью и практически неограниченным ресурсом непрерывной работы. За последние годы в ФГУП ОКБ «Факел» создана уникальная технология создания надежных, высокоресурсных ТКД с рекордно низким для ЖРД уровнем тяги.

Для управления движением спускаемого аппарата (СА) космических кораблей «Союз» в ОАО «РКК «Энергия» были созданы двигательные системы, в которых в качестве топлива применяется высококонцентрированная перекись водорода (ВПВ), что обеспечивало экологическую безопасность при работе в атмосфере и позволяло избежать загрязнения оптических приборов.

Федеральная космическая программа России на 2016-2025 годы предусматривает дальнейшее совершенствование ЖРДМТ по всем рассмотренным направлениям.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
1 Однокомпонентные ЖРДМТ	5
1.1 ЖРДМТ разработки ФГУП «ОКБ «Факел»	6
1.1.1 Термокаталитический двигатель К50-10.1	6
1.1.2 Термокаталитический двигатель К50-10.5	8
1.1.3 Термокаталитический двигатель К50-10.6	10
1.1.4 Термокаталитический двигатель ТК500М	12
1.1.5 Термокаталитический двигатель ТК500МД	14
1.2 ЖРДМТ разработки «КБхиммаш им. А.М. Исаева» –филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»	16
1.2.1 ЖРДМТ 255У.208.00-0	16
1.2.2 ЖРДМТ С5.221.00-0	18
1.3 ЖРДМТ разработки ОАО «ККК «Энергия»	20
2 Двухкомпонентные ЖРДМТ	22
2.1 Двухкомпонентные ЖРДМТ разработки «КБхиммаш им. А.М. Исаева» –филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»	23
2.1.1 ЖРДМТ С5.142.00-0	23
2.1.2 ЖРДМТ С5.144.00-0	25
2.1.3 ЖРДМТ С5.145.00-0	27
2.1.4 ЖРДМТ С5.146.00-0	29
2.1.5 ЖРДМТ С5.165.00-0	31
2.1.6 ЖРДМТ С5.140.00А-0	33
2.1.7 ЖРДМТ 255У.487.00-0	36
2.2 Двухкомпонентные ЖРДМТ разработки ФГУП «НИИМаш»	38
2.2.1 ЖРДМТ 11Д457Ф	39
2.2.2 ЖРДМТ 11Д428А-16	41
2.2.3 ЖРДМТ 11Д428АФ-16	43
2.2.4 ЖРДМТ 11Д428А-22	45
2.2.5 ЖРДМТ 11Д458М	47
2.2.6 ЖРДМТ 11Д458Ф	49
2.2.7 ЖРДМТ 17Д58Э	51
2.2.8 РДМТ 17Д16	53
3 Электроклапаны ЖРДМТ	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	64

1 Однокомпонентные ЖРДМТ

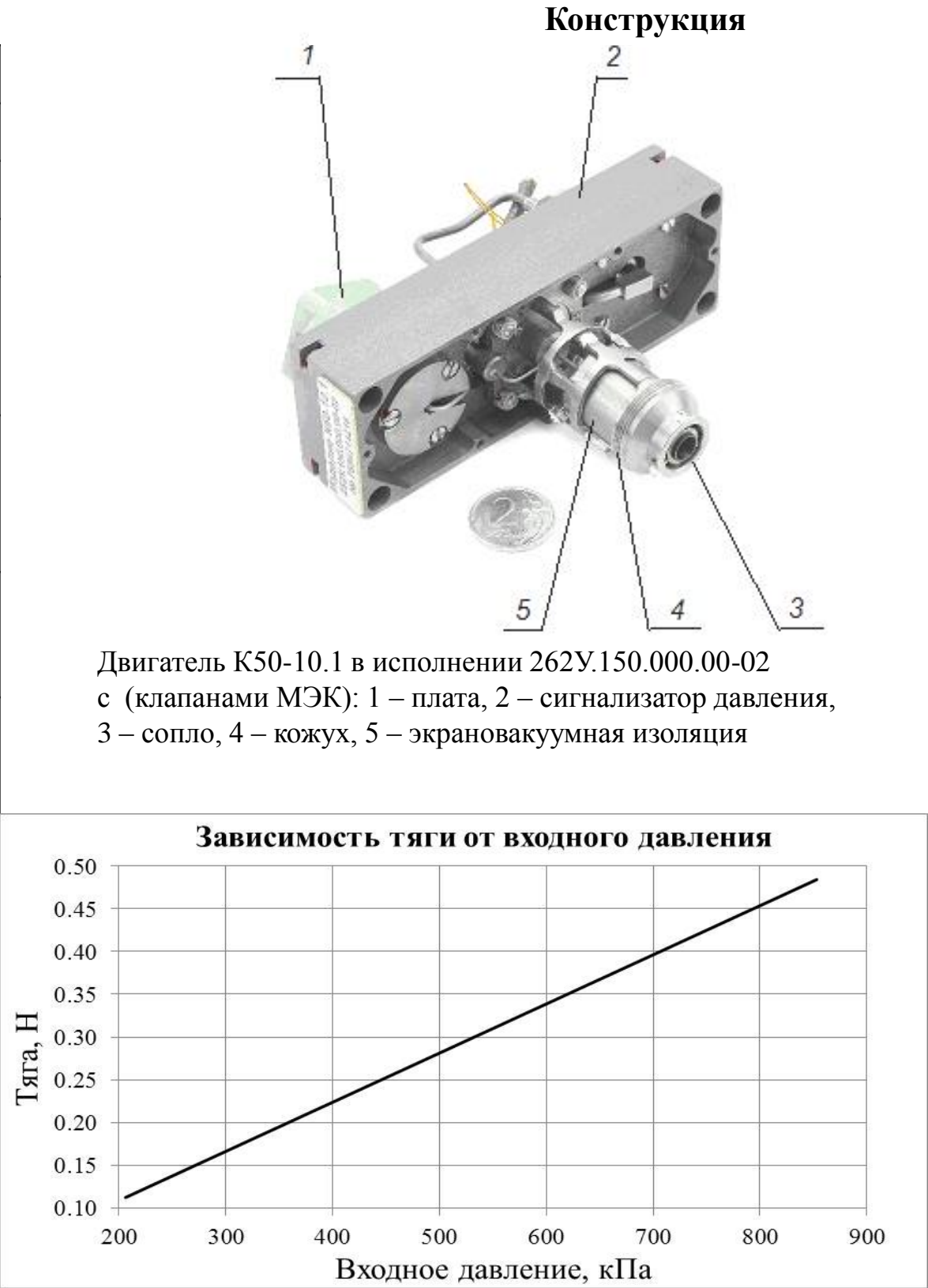
1.1 ЖРДМТ разработки ФГУП «ОКБ «Факел» [1, 2]

1.1.1 Термокаталитический двигатель К50-10.1

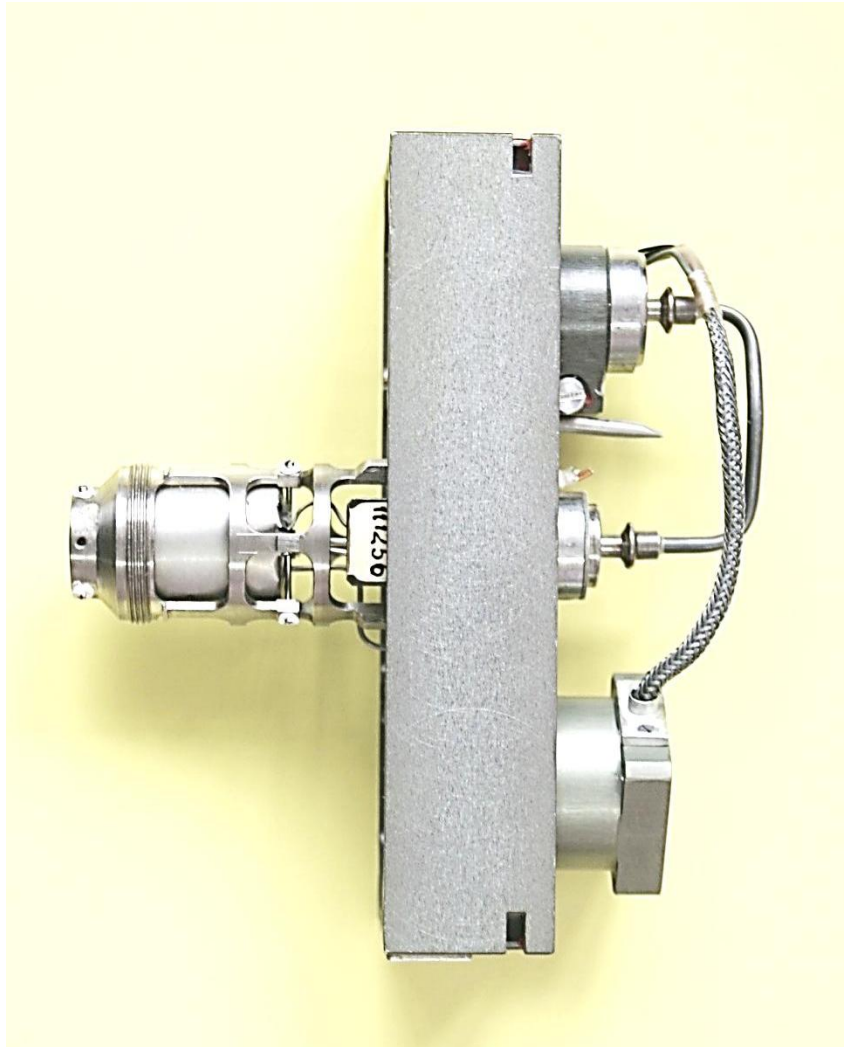
Основные параметры двигателя К50-10.1

Наименование	Значение
Тяга, мН	100
Массовый расход топлива, г/с	0,05
Давление топлива на входе, кПа	172...184
Удельный импульс тяги, м/с (с): - в непрерывном режиме работы - при импульсной работе со скважностью более 0,1	1962...2010 (200...210) 1726...1962 (176...200)
Назначенный ресурс: - по продолжительности работы, ч - по числу включений - по топливу, кг	45 70 000 20
Энергопотребление, Вт: - в режиме подготовки и постоянной готовности - при форсированной подготовке за 3 мин	3,0...7,5 24,0...49,0
Продолжительность включения, с: - минимальная - максимальная	0,25 10800
Габариты, L×B×H, мм	137×130×44
Масса, кг	0,45
Гарантийный срок активного существования, лет	7
Гарантийный срок службы, лет	10,5
Вероятность безотказной работы при $\gamma = 0,9$	0,998

Для КА «Спектр-Р», «Электро-Л» выполнена доквалификация двигателя с клапанами МЭК в части увеличения ресурсных характеристик и отработке другого диапазона рабочих характеристик.



Описание работы двигателя



Фотография двигателя К50-10.1 с клапанами МЭК

На плате 2 закреплен малогабаритный сигнализатор давления 1, два электроклапана МЭК и собственно двигатель. Двигатель включает в себя камеру разложения с соплом 3, на которой установлен нагреватель из высокотемпературного кабеля. Подача гидразина выполняется через капиллярный узел ввода. Снаружи камера закрыта кожухом 4 с многослойной экрановакуумной изоляцией 5. Электропитание нагревателя и подключение термопары выполняется по отдельным проводам.

Камера разложения с соплом снабжена 3-я брикетами катализаторов, выполненных из молибден-рениевой проволоки. На корпус камеры навит нагреватель, с помощью которого выполняется разогрев конструкции. С внешней стороны нагреватель и камера закрыты многослойной экранно-вакуумной изоляцией из металлической фольги. Подача топлива осуществляется через два электроклапана и капиллярную трубку, обеспечивающую перепад давления для стабилизации процесса разложения. Индикаторами процесса разложения топлива являются сигнализатор давления и термопара. Двигатель функционирует следующим образом. Для его запуска включают нагреватель. После достижения рабочей температуры камеры (320 – 340 °С) или выдержки по времени, достаточной для достижения такой температуры, открывают электроклапаны. Топливо (гидразин) из системы хранения и подачи под давлением поступает в камеру разложения. Начальный пусковой расход топлива ограничен гидравлическим сопротивлением капиллярной трубки. О нормальном развитии процесса свидетельствуют замыкание контактов сигнализатора давления и повышение температуры камеры, контролируемой по термопаре.

Двигатель К50-10.1 может поставляться самостоятельно или в составе двигательного блока (ДБ).

Начало использования двигателя К50-10.1 – 2000 г. Двигатель применялся в ДУ КА «Глонасс-М», «Экспресс-АМ», «SESAT», «Поток», «Глобус», «Спектр-Р», «Электро-Л» и др. В летной эксплуатации (на август 2014 г.) было 680 двигателей, все работали безотказно.

Уровень отработки: литера «О₁».

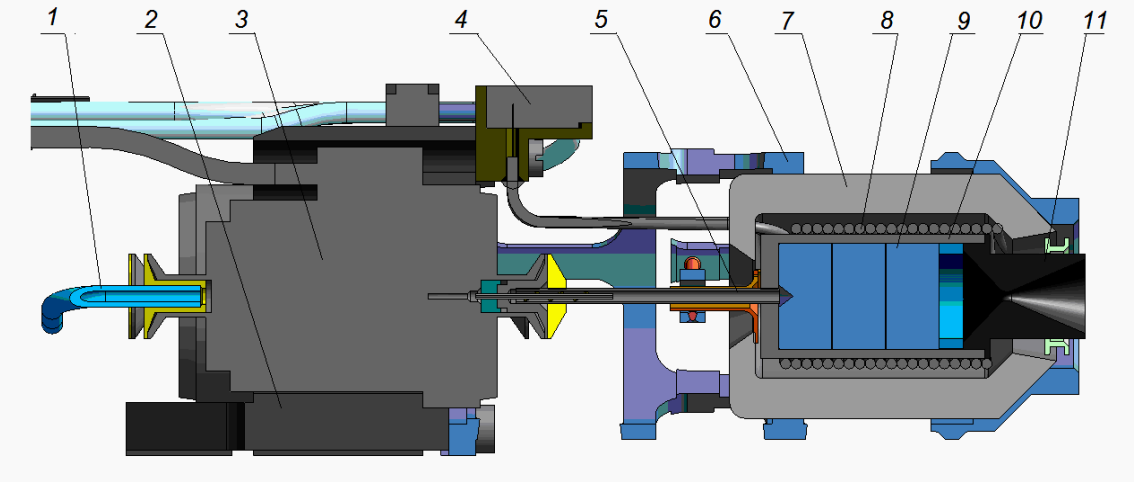
1.1.2 Термокаталитический двигатель K50-10.5

Термокаталитический двигатель K50-10.5 262У.280.000.00 предназначен для использования в ДУ системы ориентации и стабилизации КА.

Параметры двигателя K50-10.5

Наименование	Значение
Тяга, мН: - при нестабилизированном входном давлении; - при стабилизированном входном давлении	96...548 96...113
Давление топлива на входе, кПа - стабилизированное; - нестабилизированное	168...187 68...880
Длительность включения в импульсном режиме, с	0,25...4
Длительность включения в непрерывном режиме работы, с	4...10800
Удельный импульс тяги, м/с (с): - в непрерывном режиме работы - при импульсной работе со скважностью более 0,1	2021...2119 (206...216) 1727...1962 (176...200)
Назначенный ресурс: - по топливу, кг - по числу включений	до 35 до 150 000
Напряжение питания нагревателя, В: - для форсированного разогрева; - в состоянии постоянной готовности	24,2...27,8 8,5...9,7
Энергопотребление, Вт: - в режиме подготовки и постоянной готовности - при форсированной подготовке за 3 мин (не более 10 раз)	3,3...3,9 24,4...37,5
Продолжительность включения, с: - минимальная - максимальная	0,25 10800
Габариты, LxVxH, мм	112x70x38
Масса, кг	0,25
Гарантийный срок активного существования, лет	15,25
Гарантийный срок службы, лет	20
Вероятность безотказной работы при $\gamma = 0,8$: - при ресурсе по количеству включений $8 \cdot 10^4$ и 20 кг топлива - при ресурсе по количеству включений $1,5 \cdot 10^4$ и 35 кг топлива	0,962 0,937

Конструкция



Устройство K50-10.5: 1 – трубка подачи топлива на входе, 2 – кронштейн, 3 - электроклапан МЭК, 4 - клеммник, 5 - трубка подачи, 6 - корпус, 7 - теплоизоляция, 8 - нагреватель, 9 - брикеты катализатора, 10 - камера разложения, 11 - сопло



Фотография двигателя

Описание работы двигателя

На кронштейне 2 закреплены два электроклапана МЭК 3 и собственно двигатель. Двигатель включает в себя камеру разложения 10 с соплом 11, на которой установлен нагреватель 8 из высокотемпературного кабеля. Снаружи камера закрыта корпусом 6 с многослойной экрановакуумной изоляцией 7. Электропитание нагревателя и подключение термопары выполняется по отдельным проводам через клеммник 4. С внешней стороны нагреватель и камера разложения с соплом снабжена 3-мя брикетами катализаторов 9, выполненных из молибден-рениевой проволоки. На корпус камеры 6 навит нагреватель 8, с помощью которого выполняется разогрев конструкции. С внешней стороны нагреватель и камера закрыты многослойной экранно-вакуумной изоляцией 7 из металлической фольги. Подача топлива осуществляется через 2 электроклапана 3 и капиллярную трубку 5, обеспечивающую перепад давления для стабилизации процесса горения.

Индикаторами воспламенения топлива и горения являются сигнализатор давления и термопара. Двигатель функционирует следующим образом. Для его запуска включают нагреватель. После достижения рабочей температуры камеры (320 – 340 С) или выдержки по времени, достаточной для достижения такой температуры, открывают электроклапаны. Топливо (гидразин) из системы хранения и подачи под давлением поступает в камеру разложения. Начальный пусковой расход топлива ограничен гидравлическим сопротивлением капиллярной трубки. О нормальном развитии процесса свидетельствуют замыкание контактов сигнализатора давления и повышение температуры камеры, контролируемой по термопаре.

Двигатель К50-10.5 может поставляться самостоятельно или в составе двигательного блока (ДБ).

Начало использования – 2010 г. Двигатель применялся в ДУ КА «Глонасс-К», «АМОС-5», «Ямал-300К», «Луч-5А» и «Луч-5Б».

В летной эксплуатации (на август 2014 г.) использовалось 44 двигателя.

Уровень отработки: литера «О»

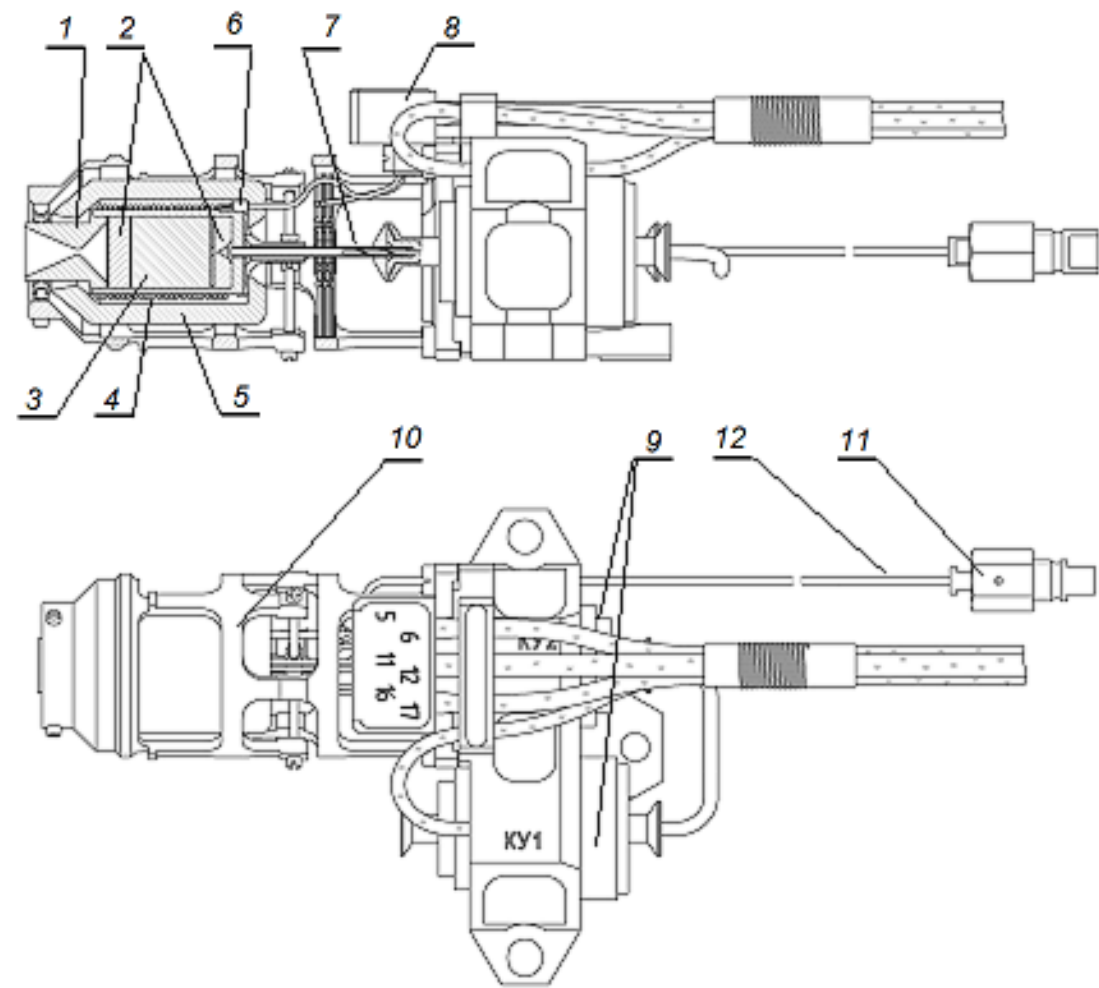
1.1.3 Термокаталитический двигатель K50-10.6

Термокаталитический двигатель K50-10.6 предназначен для использования в ДУ системы коррекции и ориентации малых КА с ограниченной бортовой энергетикой.

Параметры и характеристики K50-10.6

Наименование	Значение
Тяга, мН	96...548
Давление топлива на входе, кПа	205...882
Длительность включения в импульсном режиме, с: - с частотой не более 0,25 Гц; - с частотой от 0,25 до 4 Гц	0,25...4 0,1
Длительность включения в непрерывном режиме работы, с	4...10800
Назначенный ресурс: - по топливу, кг - по числу включений	4 40 000
Напряжение питания нагревателя в режиме подготовки и постоянной готовности, В	12...14,7
Энергопотребление в режиме подготовки и постоянной готовности, Вт	1,5...5
Габариты, LxВxН, мм - с двумя клапанами; - с одним клапаном	100x70x39 89x36x39

Конструкция



Общий вид конструкции двигателя K10-50.6 с двумя клапаном МЭК:
1 – камера разложения с соплом, 2 – брикеты катализатора,
3 – высокоэффективный гранулированный катализатор,
4 – нагреватель, 5 – экрановакуумная изоляция, 6 – термopapa,
7 – капиллярная трубка подачи, 8 – клеммная колодка, 9 – клапан МЭК,
10 – каркас, 11 – ниппель, 12 – трубка замера давления

Описание работы двигателя



Фотография двигателя K50-10.6 с одним клапаном на технологической плате

Отличительными особенностями двигателя K50-10.6 являются:

- применение высокоэффективного катализатора, обеспечивающего процесс разложения гидразина при низкой температуре а даже несколько включений без предварительного разогрева.

Двигатель K50-10.6 с одним клапаном имеет аналогичное устройство, меньшую массу и габариты.

Двигатель K50-10.6 не является самостоятельной поставочной единицей. В соответствие с назначением двигателя комплектуются в БК, которые имеют разную конфигурацию.

Двигатель включает в себя камеру разложения 1 с соплом, на которой установлен нагреватель 4 из высокотемпературного кабеля. Снаружи камера закрыта корпусом 10 с многослойной экрановакуумной изоляцией 5. Электропитание нагревателя и подключение термопары выполняется по отдельным проводам через колодку 8.

С внешней стороны нагреватель и камера закрыты многослойной экранно-вакуумной изоляцией 5 из металлической фольги. Подача топлива осуществляется через 2 электроклапана 9 и капиллярную трубку 7, обеспечивающую перепад давления для стабилизации процесса разложения. Индикаторами воспламенения топлива и горения являются сигнализатор давления и термопара 6.

Клапан подачи, установленный перед двигателем, располагается соосно относительно камеры разложения. Клапана и двигатель установлены на облегченную плату сложной формы.

Для снижения стартовой температуры запуска двигателя применяется высокоэффективный катализатор, позволяющий начать работу изделия со стартовой температуры 170 °С.

Двигатель функционирует следующим образом. Для его запуска включают нагреватель. После достижения рабочей температуры камеры или выдержки по времени, достаточной для достижения такой температуры, открывают электроклапаны. Топливо (гидразин) из системы хранения и подачи под высоким давлением поступает в камеру. Начальный пусковой расход топлива ограничен гидравлическим сопротивлением капиллярной трубки.

О нормальном развитии процесса свидетельствуют замыкание контактов сигнализатора давления и повышение температуры камеры, контролируемой по термопаре.

Начало использования – 2013 г. На экспериментальном малом КА эксплуатируется ДУ с 7-ю двигателями K50-10.6.

Уровень отработки: литера «О»

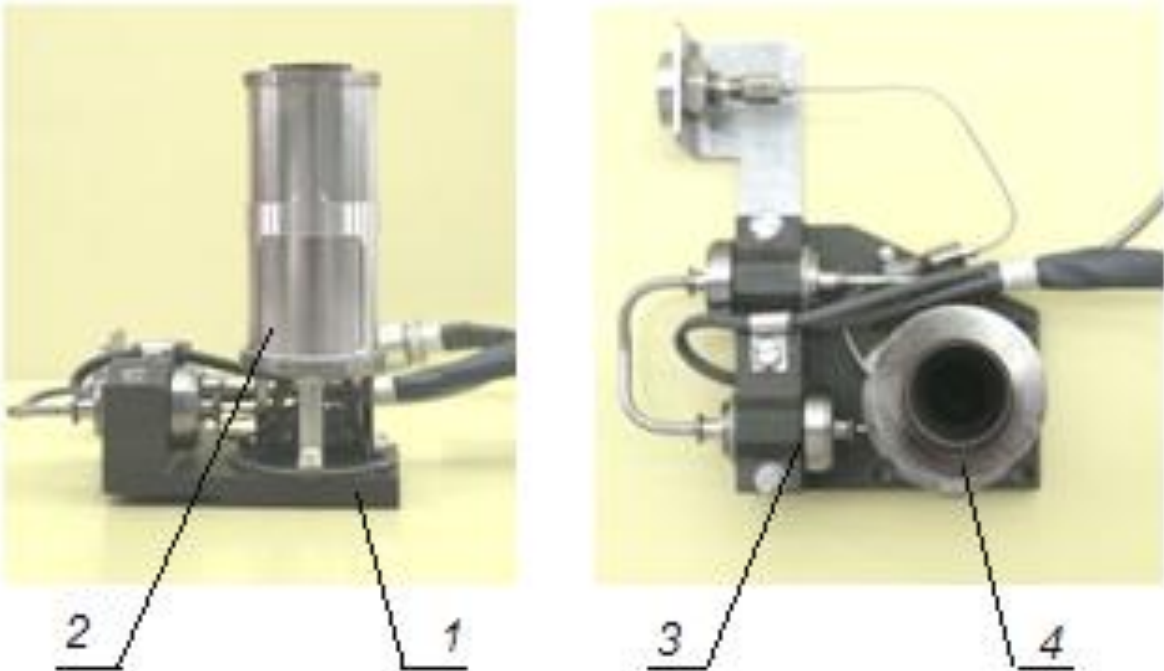
1.1.4 Термокаталитический двигатель ТК500М

Термокаталитический двигатель ТК500М 262У.187.000.00 в основном предназначен для коррекции орбит КА, но может применяться и для стабилизации положения аппарата.

Основные параметры и характеристики ТК500М

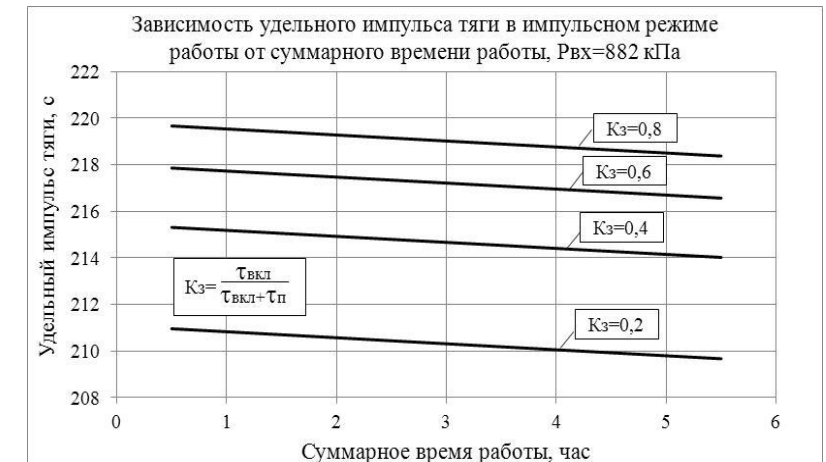
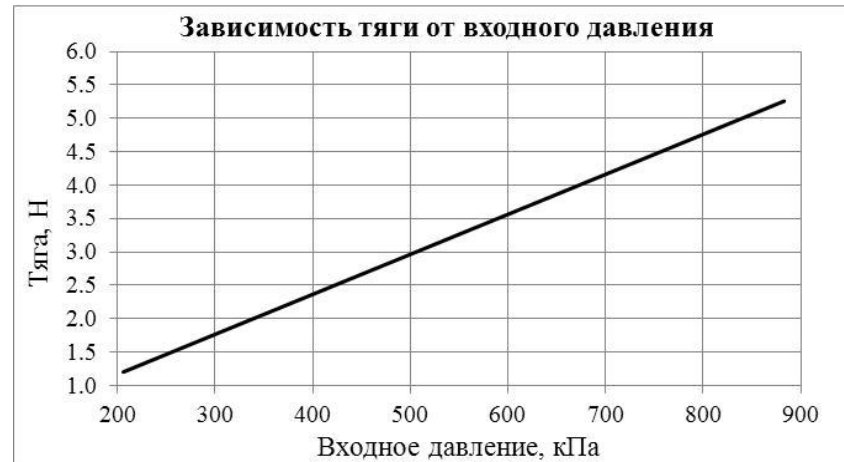
Наименование параметра	Значение для исполнения	
	262У.187.000.00	262У.187.000.00-03
Тяга, Н	1,0...5,9	
Давление топлива на входе, кПа	206...883	780...1030
Удельный импульс тяги,·м/с (с) - в непрерывном режиме работы - при импульсной работе со кважностью более 0,1	2183...1997 (222,5...203,6) 1727...1962 (176...200)	
Назначенный ресурс - по топливу, кг - по числу включений - по числу подготовок	20 20000 50	150 40000 50
Напряжение питания нагревателя, В	23...28	
Энергопотребление в режиме подготовки, Вт	10...14	
Продолжительность включения, с: - минимальная - максимальная	0,5 1800	
Продолжительность подготовки к работе, мин	60	
Габариты, LxВxН, мм	110x129x67	110x106x67
Масса, кг	0,54	0,40
Гарантийный срок службы, лет	13,5	15,5
Гарантийный срок активного существования	7	10
Вероятность безотказной работы при $\gamma = 0,8$	0,86	

Конструкция



Двигатель ТК500М с клапанами МЭК: 1 – теплоизоляция, 2 – плата, 3 – МЭК, 4 – камера с соплом

Характеристики двигателя



Описание работы двигателя

Двигатель включает в себя камеру разложения с соплом 4. С внешней стороны нагреватель и камера закрыты многослойной экранно-вакуумной изоляцией 1 из металлической фольги. Подача топлива осуществляется через 2 электроклапана 3 и капиллярную трубку, обеспечивающую перепад давления для стабилизации процесса горения. Индикаторами воспламенения топлива и горения являются сигнализатор давления и термопара. Для его запуска двигателя включают нагреватель. После достижения рабочей температуры камеры (320 – 340 °С) и выдержки по времени в течение 1 ч двигатель готов к работе. Двигатель начинает работать после открытия электроклапанов. Топливо (гидразин) из системы хранения и подачи под давлением поступает в камеру. Начальный пусковой расход топлива ограничен гидравлическим сопротивлением капиллярной трубки. О нормальном развитии процесса свидетельствуют замыкание контактов сигнализатора давления и повышение температуры камеры, контролируемой по термопаре.

Двигатель укомплектован двумя клапанами, смонтированными на кронштейне. В камере разложения с соплом установлено 7 брикетов катализатора, которые практически полностью занимают ее объем. Разогрев камеры выполняется бифилярным кабель-нагревателем. Для уменьшения тепловых потерь снаружи установлена многослойная теплоизоляция, которую защищает каркас. Контроль температуры выполняется по двум термопарам установленными на корпусе камеры. В трубопроводе-перемычке между клапанами установлен дополнительный гидравлический дроссель в виде капиллярной трубки.

В модернизированном двигателе ТК500М по 262У.187.000.00-03 применены миниатюрные клапаны МЭК-С, рассчитанные на больший расход гидразина.

Двигатели ТК500М komponуются в ДБ коррекции, где помимо основного устанавливается и резервный двигатель. Двигатели ТК500М не нуждается в настройке и регулировке.

Летная эксплуатация ТК500М началась в 2003 г. К настоящему времени успешно эксплуатировалось 94 двигателя этого типа в ДУ системы «ГЛОНАСС-М», «Поток», «Глобус», «Спектр-Р», «Электро-Л», «Луч» и др.

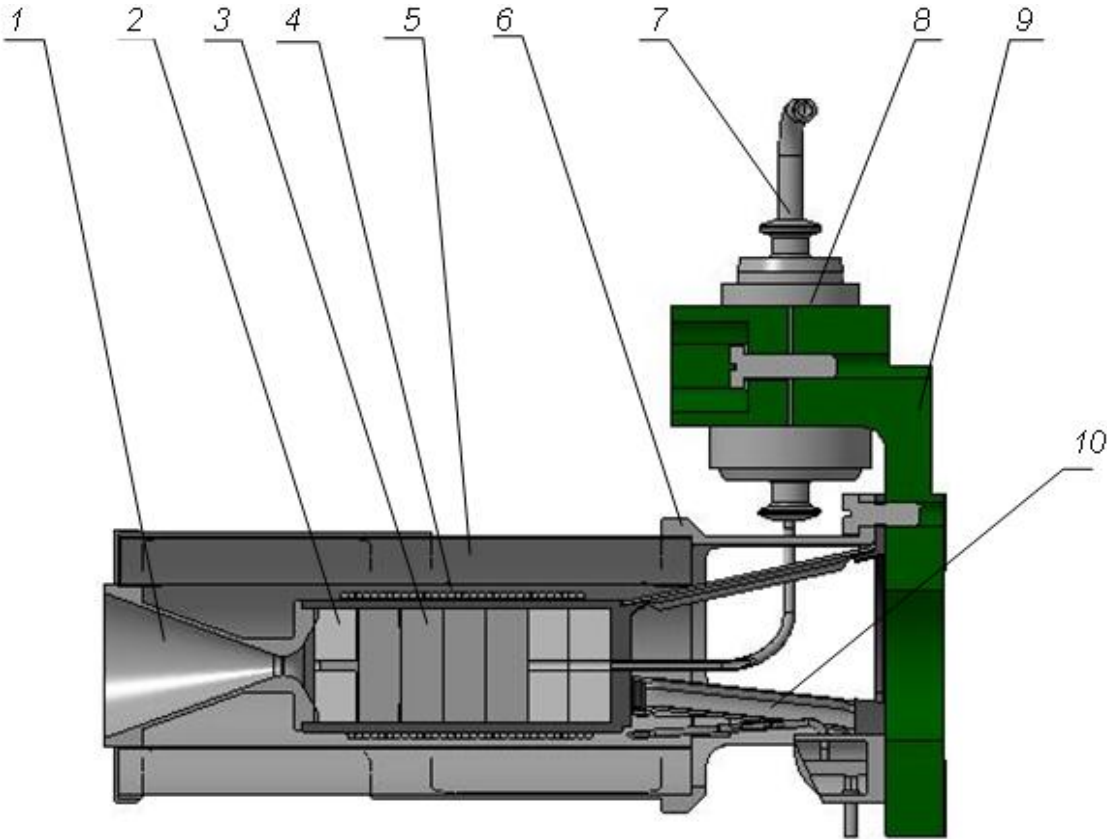
1.1.5 Термокаталитический двигатель ТК500МД

Термокаталитический двигатель ТК500МД 262У.369.000.00 предназначен для коррекции орбит КА, но может применяться и для стабилизации положения тяжелых аппарата.

Основные параметры и характеристики ТК500МД

Наименование	Значение
Тяга, Н	1,0...5,9
Давление топлива на входе, кПа	206...880
Длительность включения, с: - минимальная - максимальная	0,5 3600
Назначенный ресурс: - по топливу, кг - по числу включений - по числу подготовок к работе	20 не менее 50 не менее 50
Напряжение питания нагревателя в режиме подготовки и постоянной готовности, В	24,2...28,0
Энергопотребление в режиме подготовки и постоянной готовности, Вт	не более 14
Габариты, LxВxН, мм	110x102x54
Масса, кг	0,37
Гарантийный срок активного существования, лет	10
Гарантийный срок службы, лет	15,5
Вероятность безотказной работы при доверительной вероятности 0,8	0,96

Конструкция



Устройство ТК500М, ТК500МД: 1 – сопло, 2 – камера разложения, 3 – брикеты катализатора, 4 – нагреватель, 5 – теплоизоляция, 6 – корпус, 7 – трубка подачи, 8 – электроклапан МЭК, 9 – кронштейн, 10 - трубка подачи топлива на входе

Описание работы двигателя



Фотография двигателя ТК500МД на технологической плате

Двигатель включает в себя камеру разложения 2 с соплом 1. С внешней стороны нагреватель 4 и камера 2 закрыты многослойной экранно-вакуумной изоляцией 5 из металлической фольги. Подача топлива осуществляется через 2 электроклапана 8 и капиллярную трубку 10, обеспечивающую перепад давления для стабилизации процесса горения. Индикаторами воспламенения топлива и его разложения горения являются сигнализатор давления и термопара. Двигатель функционирует следующим образом. Для его запуска включают нагреватель. После достижения рабочей температуры камеры (320 – 340 С) или выдержки по времени, достаточной для достижения такой температуры, открывают электроклапаны 8. Топливо (гидразин) из системы хранения и подачи под давлением поступает в камеру 2. Начальный пусковой расход топлива ограничен гидравлическим сопротивлением капиллярной трубки. О нормальном развитии процесса свидетельствуют замыкание контактов сигнализатора давления и повышение температуры камеры, контролируемой по термопаре.

Стартовый разогрев двигателя выполняется с помощью встроенного нагревателя. После запуска двигателя нагреватель выключают.

Ось клапан подачи, установленного перед двигателем, располагается перпендикулярно относительно продольной оси камеры разложения. Клапана и двигатель установлены на облегченную плату крепления для улучшения массово – габаритных характеристик.

Двигатель летной истории не имеет. Четыре двигателя ТК500МД в составе 2-х ДБ поставлены для комплектации 2-х ДУ системы «ГЛОНАСС-К2». Уровень отработки: литера «О».

1.2 ЖРДМТ разработки «КБхиммаш им. А.М. Исаева»–филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» [1, 3]

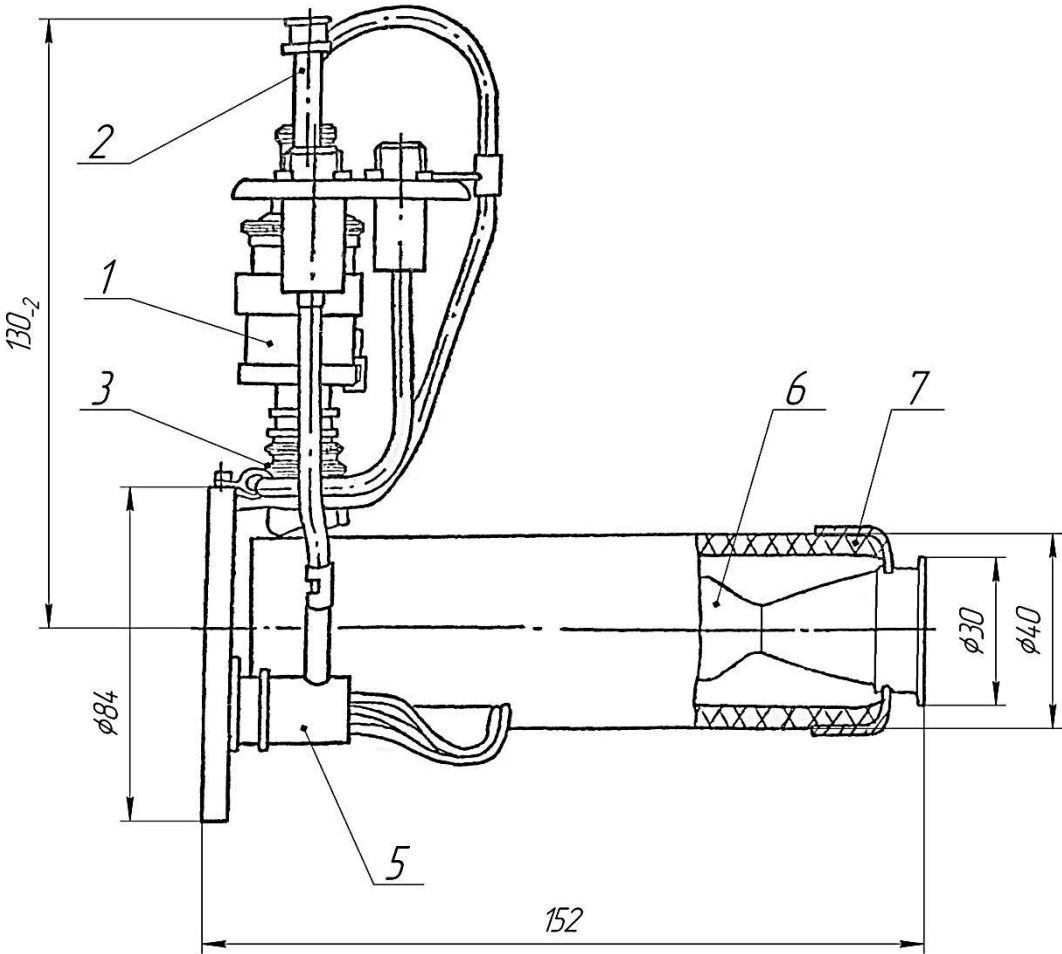
1.2.1 ЖРДМТ 255У.208.00-0

Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Параметры двигателя

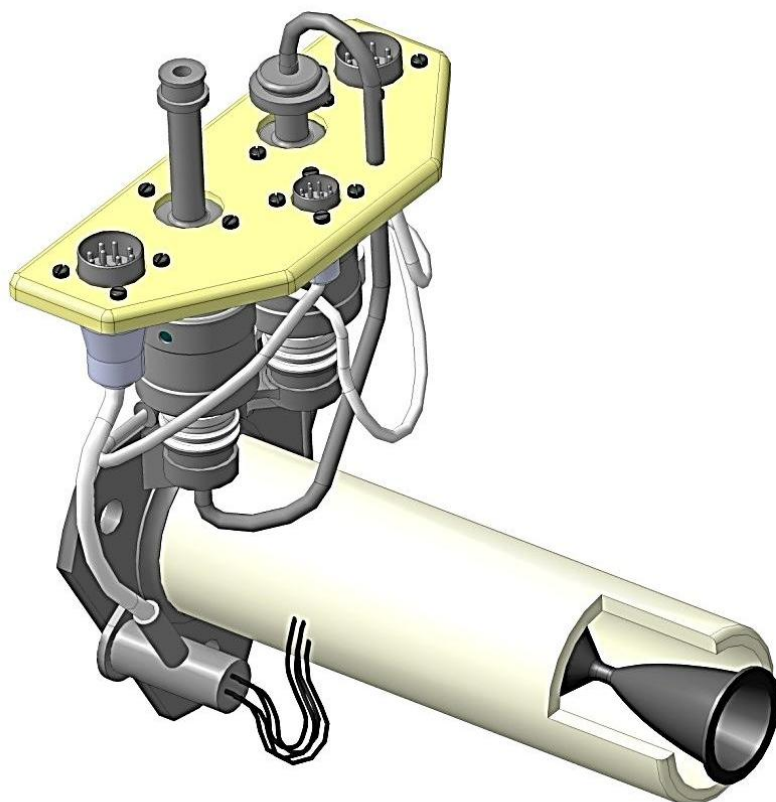
Топливо	Гидразин
Тяга, Н	5
Удельный импульс, м/с (с)	2207 (225)
Давление компонентов на входе, МПа	1,2
Продолжительность включения, с: - минимальное; - максимальное	0,05 8000
Суммарное время работы, с	120000
Количество включений	55000
Геометрическая степень расширения сопла	60
Энергопотребление электроклапанов, Вт, не более	15,8
Энергопотребление нагревателя, Вт, не более	60
Масса, кг	0,9

Конструкция



Конструкция двигателя 255У.208.00-0: 1- электроклапаны, - 2 - узел настройки, 3 - термометр термоэлектрический, 4 - реактор (пакет каталитический), 5 – электронагреватель, 6 – сопло, 7 - теплоизоляция

Описание работы двигателя



Фотография внешнего вида двигателя
255У.208.00-0

Жидкостной ракетный двигатель малой тяги 255У.208.00-0 создает импульсы тяги по командам, подаваемым в виде электрических сигналов.

Двигатель однокомпонентный, использующий термokatалитическое разложение гидразина на проволочном катализаторе, предварительно разогретом электронагревателем.

По команде «Пуск» подается напряжение на контакты электроклапанов. Клапаны 1 открываются, и гидразин под давлением поступает в камеру каталитического пакета 4. В камере гидразин контактирует с нагретым катализатором, образуя газообразные продукты разложения.

По команде «Останов» снимается напряжение с контактов электроклапанов. Клапаны 1 закрываются и прекращается поступление гидразина в камеру каталитического пакета. Двигатель прекращает работу.

С целью повышения надежности в двигателе установлены два электроклапана С5.629.0-0А. Электроклапан многоразового действия, проточного типа, с приводом от электромагнита втяжного типа. Уплотняющая пара – фторопласт 40Т по металлу. Узел настройки 2 предназначен для гидравлической настройки двигателя. Двигатель настраивается на требуемый расход подбором дросселирующих шайб. Термометр 3 служит для измерения температуры поверхности реактора. Электронагреватель 5 служит для нагревания каталитического пакета перед сеансом огневой работы. Сопло 6 представляет собой цельнометаллическую конструкцию из жаропрочной нержавеющей стали. Теплоизоляция 7 предназначена для снижения тепловых потерь от реактора в окружающую среду.

Однокомпонентный ЖРДМТ использует гидразин в качестве топлива. Для разложения гидразина возможно использование процесса термokatалитического разложения гидразина на проволочном катализаторе, предварительно разогретом электронагревателем. Также для разложения гидразина возможно использование процесса каталитического разложения гидразина. Применяемый в двигателе катализатор позволяет обеспечивать прогрев реактора без предварительного электроподогрева (химический разогрев пятью импульсами с временем включения 0,05 с и временем паузы 0,2 с), тем самым обеспечивая включение двигателя. Для улучшения и стабилизации динамических и энергетических характеристик двигатель снабжен электронагревателем, повышающим предпусковую температуру катализатора.

Двигатель разработан в 1985-1987 гг. Уровень отработки: литера «О₁». Эксплуатировался на КА «Экран», «Глобус» и др.

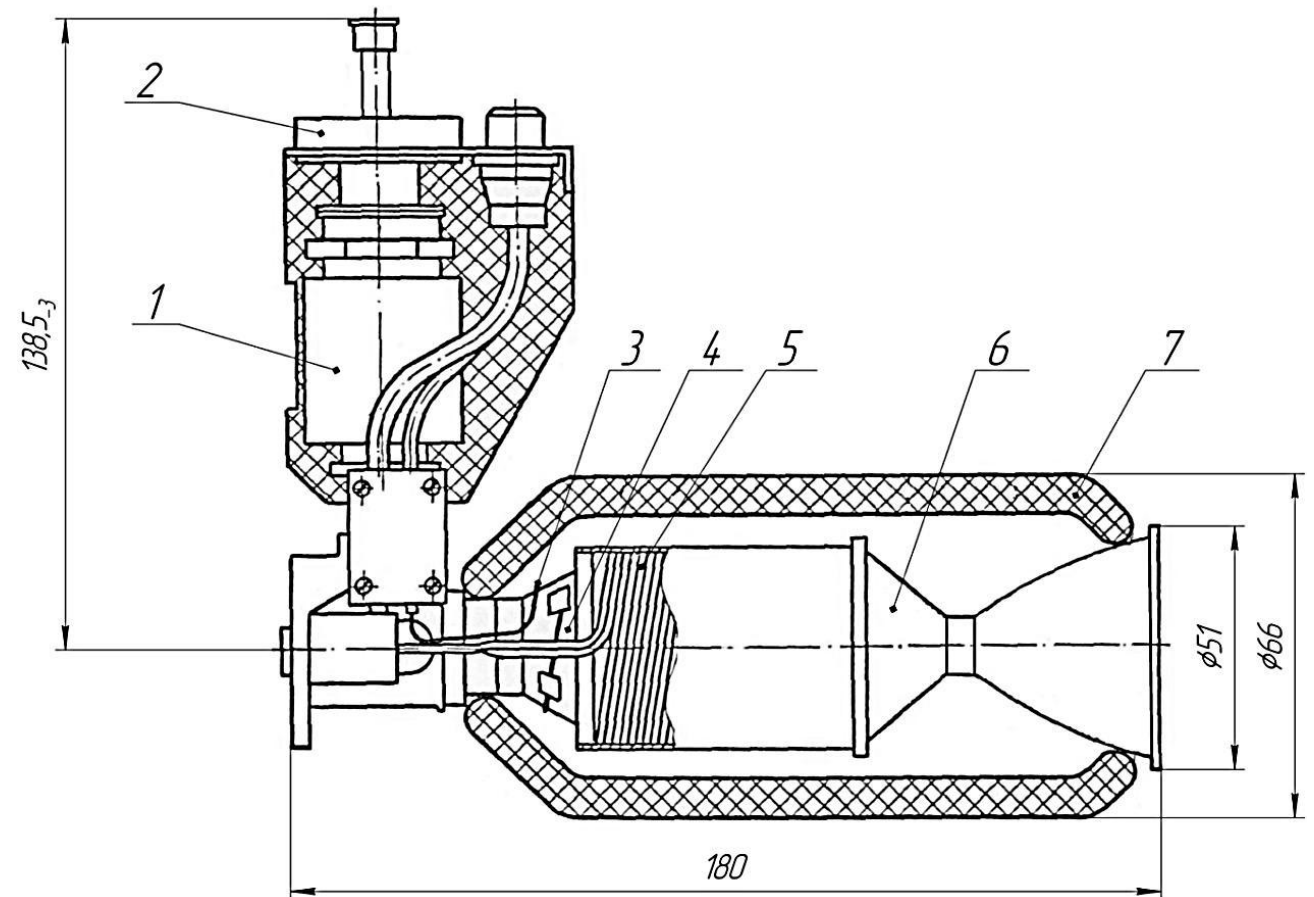
1.2.2 ЖРДМТ С5.221.00-0

Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Параметры двигателя С5.221.00-0

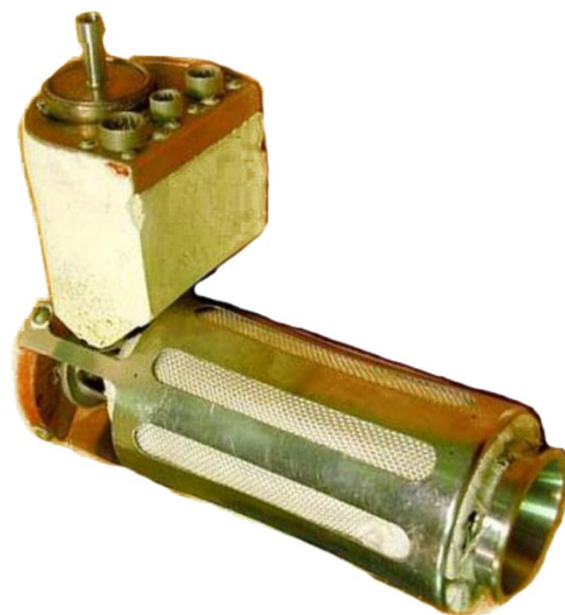
Топливо	Гидразин
Тяга, Н	50
Удельный импульс, м/с (с)	2158 (220)
Давление компонентов на входе, МПа	1,5
Продолжительность включения, с: - минимальное; - максимальное	0,05 600
Суммарное время работы, с	1500
Количество включений	4000
Геометрическая степень расширения сопла	42
Энергопотребление электроклапанов, Вт, не более	16,2
Энергопотребление нагревателя, Вт, не более	20
Масса, кг	1,1

Конструкция



Конструкция двигателя С5.221.00-0 255У.208.00-0: 1 - электроклапан; 2 - узел настройки, 3 - термометр термоэлектрический, 4 - реактор (пакет каталитический), 5 – электронагреватель, 6 – сопло, 7 - теплоизоляция

Описание работы двигателя



Фотография двигателя



3D-модель двигателя

Жидкостной ракетный двигатель малой тяги С5.221.00-0(рисунок 2.3) создает импульсы тяги по командам, подаваемым в виде электрических сигналов.

Двигатель однокомпонентный, каталитического разложения, работающий на гидразине. Применяемый в двигателе катализатор позволяет обеспечивать прогрев реактора 4 без предварительного электроподогрева (химический разогрев пятью импульсами с временем включения 0,05 с и временем паузы 0,2 с), тем самым обеспечивая включение двигателя. Для улучшения и стабилизации динамических и энергетических характеристик двигатель снабжен электронагревателем 5, повышающим предпусковую температуру катализатора.

По команде «Пуск» подается напряжение на контакты электроклапана. Клапан 1 открывается, и гидразин под давлением поступает в камеру каталитического пакета. В камере гидразин контактирует с нагретым катализатором, образуя газообразные продукты разложения, которые в сопле 6, расширяясь от давления в камере до давления на срезе сопла, истекают в окружающее пространство, создавая тягу двигателя.

По команде «Останов» снимается напряжение с контактов электроклапана 1. Клапан закрывается и прекращается поступление гидразина в камеру каталитического пакета. Двигатель прекращает работу.

Электроклапан 1 предназначен для управления подачей гидразина в реактор разложения гидразина. Электроклапан многоразового действия, проточного типа, с приводом от электромагнита втяжного типа. Уплотняющая пара – фторопласт 40Т по металлу. Узел настройки 2 предназначен для гидравлической настройки двигателя. Двигатель настраивается на требуемый расход подбором жиклеров, имеющих различную величину дросселирующих отверстий. Термометр 3 служит для измерения температуры поверхности реактора. Реактор (каталитический пакет) служит для разложения гидразина и создания газообразного рабочего тела, создающего тягу за счет истечения из сопла. Электронагреватель 5 служит для нагревания каталитического пакета перед сеансом огневой работы. Сопло 6 представляет собой цельнометаллическую конструкцию из жаропрочной нержавеющей стали. Теплоизоляция 7 предназначена для снижения тепловых потерь от реактора в окружающую среду. Часть двигателя, включающая в себя узел настройки 2, электроклапан 1 и электропровода, залита пеногерметиком. Заливка пеногерметиком является теплоизоляцией клапана, а также защитой электропроводов от механических повреждений.

Двигатель разработан в 1980-1986 гг. Уровень отработки: литера «О». Эксплуатируется на РБ «Фрегат».

1.3 ЖРДМТ разработки ОАО «ККК «Энергия» [1, 5]

Двигательные блоки предназначены для управления спуском пилотируемых КА.

Параметры двигательных блоков СИОС

Параметр	Значение
Рабочее тело	пероксид водорода ПВ-К или ПВ-98 высокой концентрации 92,0 – 95,5 %
Температура рабочего тела, °С	от 0 до +40
Давление на входе в двигатели, ата	от 12,5 до 17,5
Тяга в пустоте: - 11Ф91.8150-0, 11Ф615.8750-0, Н (кгс) - 11Ф615.8610-0, 11Ф91.8130-0, Н (кгс)	76,5 (7,8) 152 (15,5)
Удельная тяга в пустоте, м/с (с) - в стационарном непрерывном режиме, - в установившемся импульсном режиме	1472 ⁺⁴⁹ (150 ⁺⁵) 1373 (140)
Время выхода на режим, с: - на эффективную тягу (90% от Р _{стац.}) - при повторных включениях	не более 7,5 не более 0,5
Напряжение питания от блока источника постоянного тока, В - Пусковой ток клапана блока, А - Ток статического режима, А	23-34 1,9 не более 0,7
Ресурс работы блоков по количеству продукта, кг - 11Ф91.8150-0, 11Ф615.8750-0 - 11Ф615.8610-0, 11Ф91.8130-0	75 45
Ресурс работы блоков по числу импульсов: - 11Ф91.8150-0, 11Ф615.8750-0 - 11Ф615.8610-0, 11Ф91.8130-0	3500 3500
Масса блоков, кг - 11Ф91.8150-0, 11Ф615.8750-0 - 11Ф615.8610-0, 11Ф91.8130-0	2 1,6

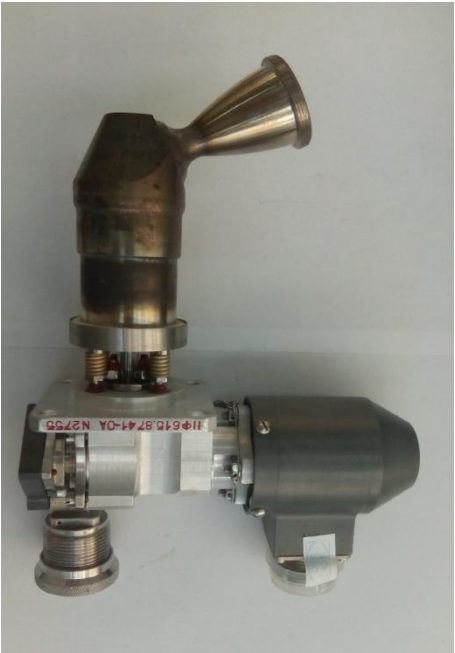
Конструкция блоков СИОС



11Ф615.8610-0



11Ф91.8150-0



11Ф91.8130-0



11Ф615.8750-0

Описание работы двигателя СИОС

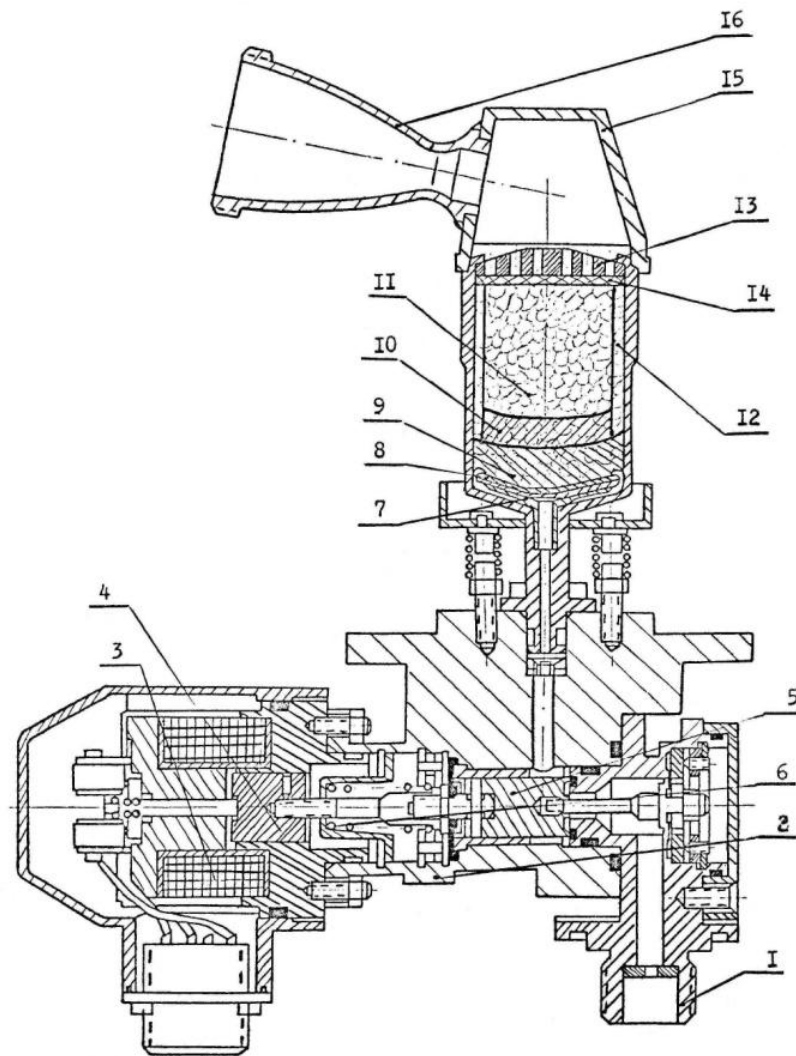
В состав блоков входят:

- электрогидроклапан (ЭГК),
- реактор.

ЭГК идентичны по своей конструкции и отличаются друг от друга пространственным расположением входного штуцера и штекера электромагнита.

Отличие блоков заключается в различном расположении реакторов относительно ЭГК и в положении сопла реактора относительно клапана по условиям компоновки на изделие.

Пероксид водорода под рабочим давлением поступает через входной штуцер 1 и электрогидроклапан 2. При подаче управляющей команды в виде напряжения на обмотку электромагнита 3 сердечник 4 через тягу мембранного узла освобождает седло клапана 5 от уплотняющего давления пружины 6. Клапан под давлением подачи открывает доступ пероксида водорода через входной штуцер 1 каталитического пакета в форсуночную полость 7. Из форсуночной полости продукт, равномерно распределённый по сечению пакета 9,10,11,12,14, поступает на катализатор. Катализатор разлагает пероксид водорода и образующиеся продукты разложения истекают через конический насадок 15 и сопло двигателя 16, создавая управляющие усилия. При снятии управляющей команды с обмотки электромагнита ЭГК под действием пружины 6 клапан закрывает доступ пероксида водорода в реактор. Блок отключается.



Конструкция двигателя с клапаном:

- 1 – входной штуцер, 2 – электрогидроклапан,
3 – обмотка электромагнита, 4 – сердечник,
5 – седло клапана, 6 – пружина,
7 – форсуночный элемент, 8 – фильтровая сетка,
9,10,11,12,14 – катализатор,
13 – решётка, 15 – конический насадок, 16 – сопло

Блоки 11Ф91.8150-0, 11Ф615.8750-0, 11Ф615.8610-0, 11Ф91.8130-0 были разработаны в 1967 г. В настоящее время изготовлено более 1000 шт. блоков, замечаний к работе блоков не было.

Уровень отработки: литера «О₁».

2 Двухкомпонентные ЖРДМТ

2.1 Двухкомпонентные ЖРДМТ разработки «КБхиммаш им. А.М. Исаева»–филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

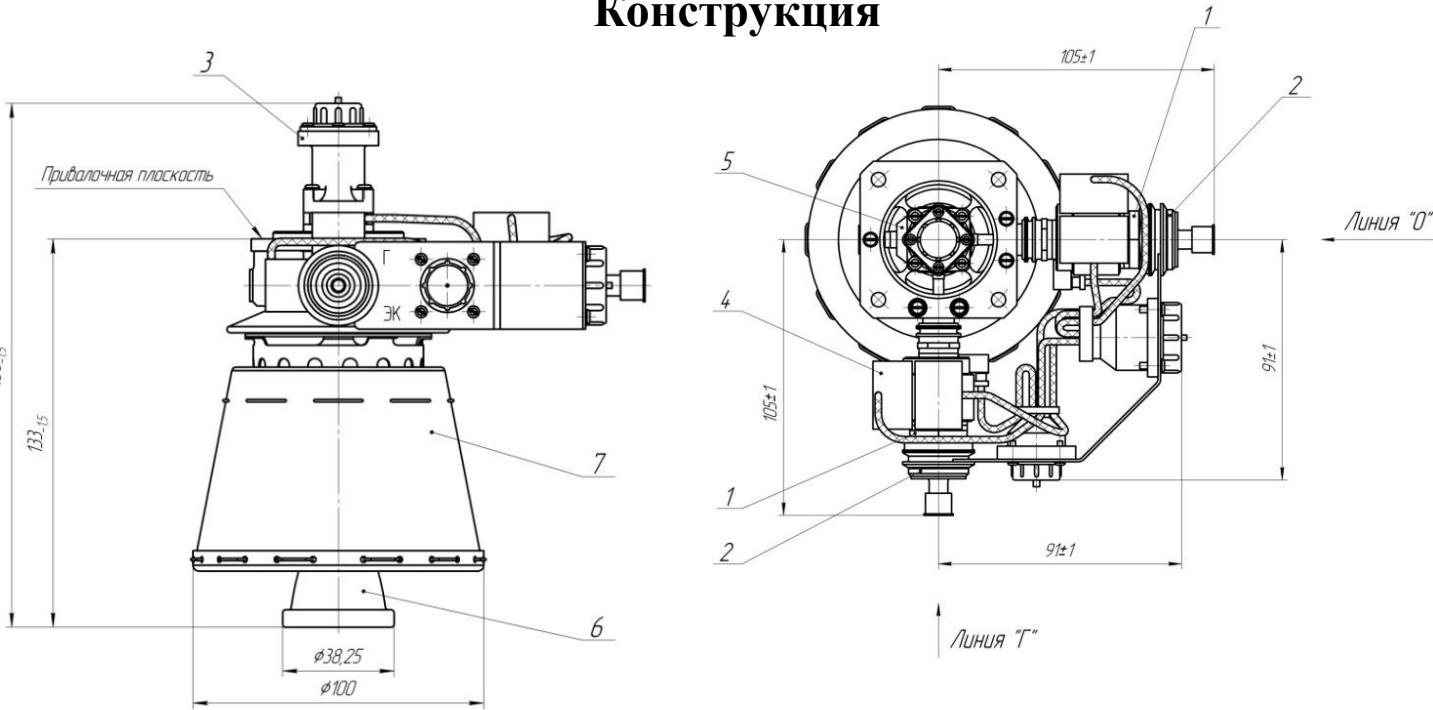
2.1.1 ЖРДМТ С5.142.00-0

Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Параметры двигателя С5.142.00-0

Топливо	АТ-НДМГ
Соотношение компонентов	1,85
Тяга, Н	25,5
Удельный импульс, м/с (с)	2806 (286)
Давление компонентов на входе, МПа	1,5
Продолжительность включения, с: - минимальное; - максимальное	0,03 4000
Суммарное время работы, с	25000
Количество включений	300000
Геометрическая степень расширения сопла	45
Энергопотребление электроклапанов, Вт, не более	15,8
Энергопотребление нагревателя, Вт, не более	2,5
Масса, кг	0,9

Конструкция



Конструкция С5.142.00-0: 1 - электроклапаны «О» и «Г», 2 - дроссели «О» и «Г», 3 – электронагреватель, 4 - сигнализатор магнитоуправляемый, 5 - форсуночная головка, 6 - камера сгорания, 7 - теплоизоляция и теплозащитный экран



Фотография двигателя

Описание работы двигателя

Жидкостной ракетный двигатель малой тяги С5.142.00-0 создает импульсы тяги по командам, подаваемым в виде электрических сигналов. Двигатель двухкомпонентный, работающий на самовоспламеняющейся паре компонентов топлива: АТ+НДМГ.

Управление двигателем осуществляется подачей электрических команд на обмотки электроклапанов. Командой на включение (пуск) двигателя является подача питающего напряжения, командой на выключение (останов) двигателя – снятие питающего напряжения.

При включении и выключении двигателя подается и снимается напряжение питания с электроклапанов окислителя и горючего одновременно. На электроклапане установлен сигнализатор магнитоуправляемый 4, предназначенный для контроля наличия магнитного поля (прохождения тока) в обмотке клапана.

Двигатель представляет собой неразъемную паяно-сварную конструкцию.

Электроклапаны «О» и «Г» нормально закрытые, многоразового действия, быстродействующие, малогабаритные, проточного типа, с приводом от электромагнита втяжного типа. Уплотняющая пара – фторопласт 40Т по металлу. Клапаны «О» и «Г» одинаковой конструкции. Электроклапан открывает (при пуске) и прекращает (при останове) доступ компонента топлива в форсуночную головку.

Дроссель 2 представляет собой набор шайб с отверстиями различного диаметра. Подборкой шайб обеспечивается гидравлическая настройка двигателя по линиям окислителя и горючего.

Электронагреватель 3 предназначен для поддержания теплового режима двигателя. Сигнализатор магнитоуправляемый 4 предназначен для фиксации наличия магнитного поля (тока в обмотках) электроклапанов. При подаче напряжения на клапан (прохождение тока через обмотку клапана) контакты сигнализатора магнитоуправляемого замыкаются, при снятии напряжения контакты размыкаются.

Форсуночная головка 5 двигателя выполнена по дефлекторно-центробежной схеме смесеобразования и служит для подачи компонентов топлива в камеру и образования топливной смеси. Головка состоит из корпуса с фланцем, форсунки «О», форсунки «Г», дефлектора, гнезда для установки электронагревателя, наконечников для установки электроклапанов. Горючее через наконечник и отверстия в корпусе поступает в центробежную форсунку, которая равномерно распыляет компонент на стенку камеры б в виде тонкой пелены. Окислитель через наконечник и отверстия в корпусе поступает в струйную форсунку, а затем попадает на дефлектор и стекает в виде пелены на стенку камеры. Таким образом, все топливо, окислитель и горючее, подается на внутреннюю стенку камеры сгорания и участвует в ее охлаждении. Температура наружной стенки не превышает 1250 °С, что значительно ниже допустимой температуры в 1800 °С.

Камера сгорания б изготовлена из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким покрытием NbSi₂ + MoSi₂. Соединение камеры с форсуночной головкой осуществляется посредством фланца через стальное уплотнительное кольцо.

Теплоизоляция 7 состоит из теплоизоляции на головке двигателя, предназначенной для уменьшения лучистого теплового потока от горячей части камеры сгорания на форсуночную головку и фланец двигателя; теплоизоляции, предназначенной для теплоизоляции неработающего двигателя и уменьшения лучистого теплового потока к головке двигателя при его работе; теплозащитного экрана, предназначенного для уменьшения теплового потока от двигателя к объекту через излучение.

Двигатель разработан в 1980-1993 гг. Уровень отработки: литера «О₁». Эксплуатируется на КА «Союз-ТМА», КА «Ресурс-П», КА «Бион-М» и др.

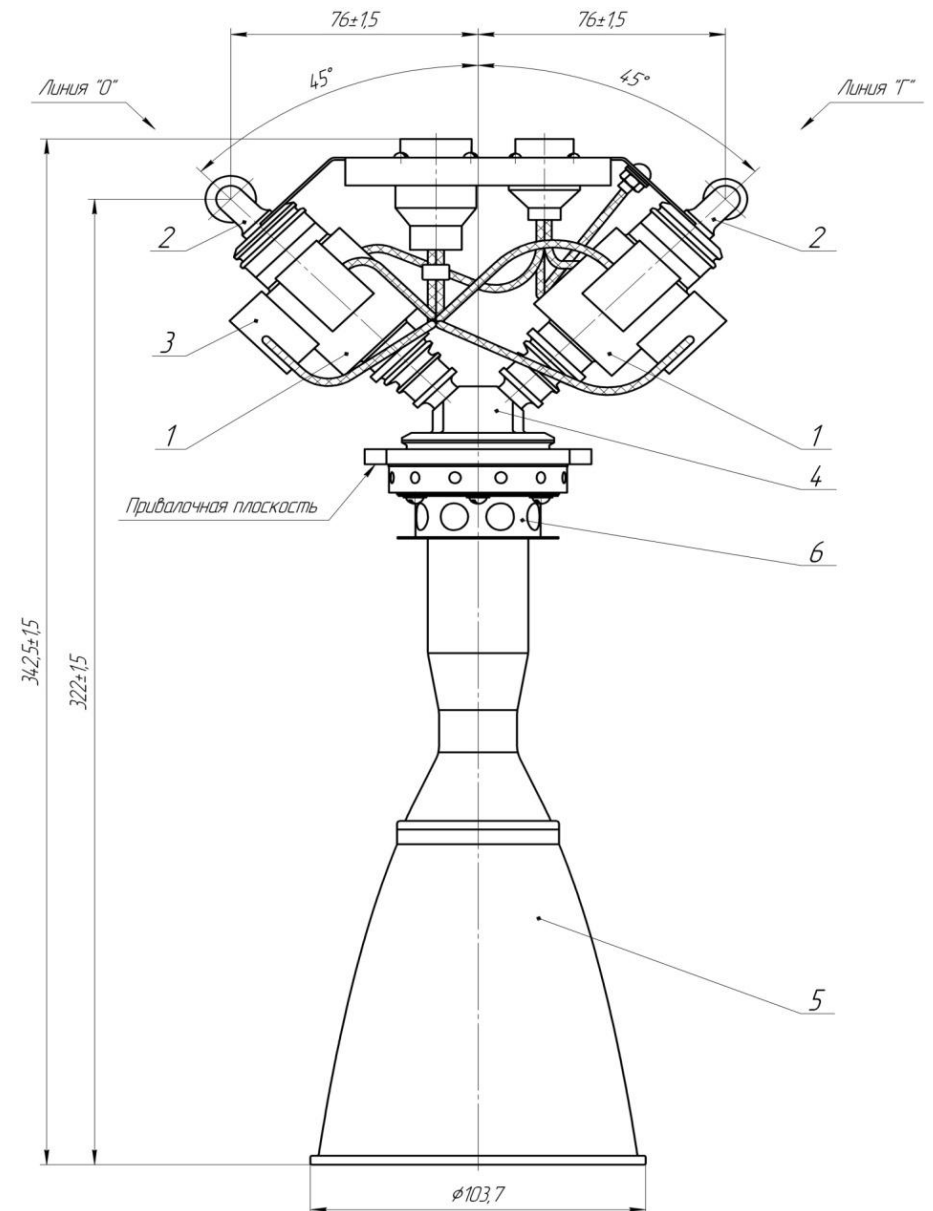
2.1.2 ЖРДМТ С5.144.00-0

Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Параметры двигателя С5.144.00-0

Топливо	АТ-НДМГ
Соотношение компонентов	1,85
Тяга, Н	100
Удельный импульс, м/с (с)	2982 (304)
Давление компонентов на входе, МПа	1,6
Продолжительность включения, с: - минимальное; - максимальное	0,03 4000
Суммарное время работы, с	50000
Количество включений	450000
Геометрическая степень расширения сопла	100
Энергопотребление электроклапанов, Вт, не более	34,2
Масса, кг	1,6

Конструкция



Конструкция ЖРДМТ двигателя С5.144.00-0:
 1 - электроклапаны «О» и «Г», 2 - дроссельные элементы «О» и «Г», 3 - сигнализатор магнитоуправляемый, 4 - форсуночная головка, 5 - камера сгорания, 6 - экран с теплоизоляцией

Описание работы двигателя



Фотография двигателя

Жидкостной ракетный двигатель малой тяги С5.144.00-0 создает импульсы тяги по командам, подаваемым в виде электрических сигналов. Двигатель двухкомпонентный, работающий на самовоспламеняющейся паре компонентов топлива: АТ+НДМГ.

Тяга создается путем сжигания топлива в камере сгорания и истечения продуктов сгорания через сопло в окружающее пространство.

Управление двигателем осуществляется подачей электрических команд на обмотки электроклапанов. Командой на включение (пуск) двигателя является подача питающего напряжения, командой на выключения (останов) двигателя – снятие питающего напряжения.

При включении и выключении двигателя подается и снимается напряжение питания с электроклапанов окислителя и горючего одновременно.

Время работы двигателя за одно включение определяется от момента подачи напряжения на электроклапаны и до момента снятия напряжения с электроклапанов.

На электроклапане 1 установлен сигнализатор магнитоуправляемый 3, предназначенный для контроля наличия магнитного поля (прохождения тока) в обмотке клапана.

Двигатель представляет собой неразъемную паяно-сварную конструкцию.

Электроклапаны «О» и «Г» нормально закрытые, многоразового действия, быстродействующие, малогабаритные, проточного типа, с приводом от электромагнита втяжного типа. Уплотняющая пара – фторопласт 40Т по металлу. Клапаны «О» и «Г» одинаковой конструкции. Электроклапан открывает (при пуске) и прекращает (при останове) доступ компонента топлива в форсуночную головку.

Дроссельный элемент 2 представляет собой жиклер с отверстием. Требуемый расход компонентов топлива по линиям «О» и «Г» обеспечивается подбором необходимого диаметра отверстия жиклеров при настройке двигателя в процессе его изготовления.

Сигнализатор магнитоуправляемый 3 предназначен для контроля прохождения тока в обмотке электроклапана. При отсутствии магнитного поля (тока в обмотке) электромагнита клапана контакты сигнализатора магнитоуправляемого разомкнуты. При наличии магнитного поля (тока в обмотке) электромагнита контакты сигнализатора магнитоуправляемого замкнуты.

Форсуночная головка двигателя 4 выполнена по дефлекторно-центробежной схеме смесеобразования и служит для подачи компонентов топлива в камеру и образования топливной смеси. Головка состоит из корпуса с фланцем, форсунки «О», форсунки «Г», дефлектора, наконечников для установки электроклапанов. Горючее через наконечник и отверстия в корпусе поступает в центробежную форсунку, которая равномерно распыляет компонент на стенку камеры в виде тонкой пелены.

Окислитель через наконечник и отверстия в корпусе поступает в струйную форсунку, а затем попадает на дефлектор и стекает в виде пелены на стенку камеры. Таким образом, все топливо, окислитель и горючее, подается на внутреннюю стенку камеры сгорания и участвует в ее охлаждении. Температура наружной стенки не превышает 1250 °С, что значительно ниже допустимой температуры 1800 °С.

Камера сгорания 5 изготовлена из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким покрытием NbSi₂ + MoSi₂. Соединение фланца с камерой выполнено через стальное уплотнительное кольцо. Экран предназначен для крепления объектовой теплоизоляции 6 к двигателю и предотвращения ее контакта с поверхностью камеры сгорания. Экран крепится неподвижно к камере с помощью резьбовых элементов.

Двигатель разработан в 1995-2009 гг. Уровень отработки: литера «О». Планируется эксплуатация на модуле МЛМ МКС.

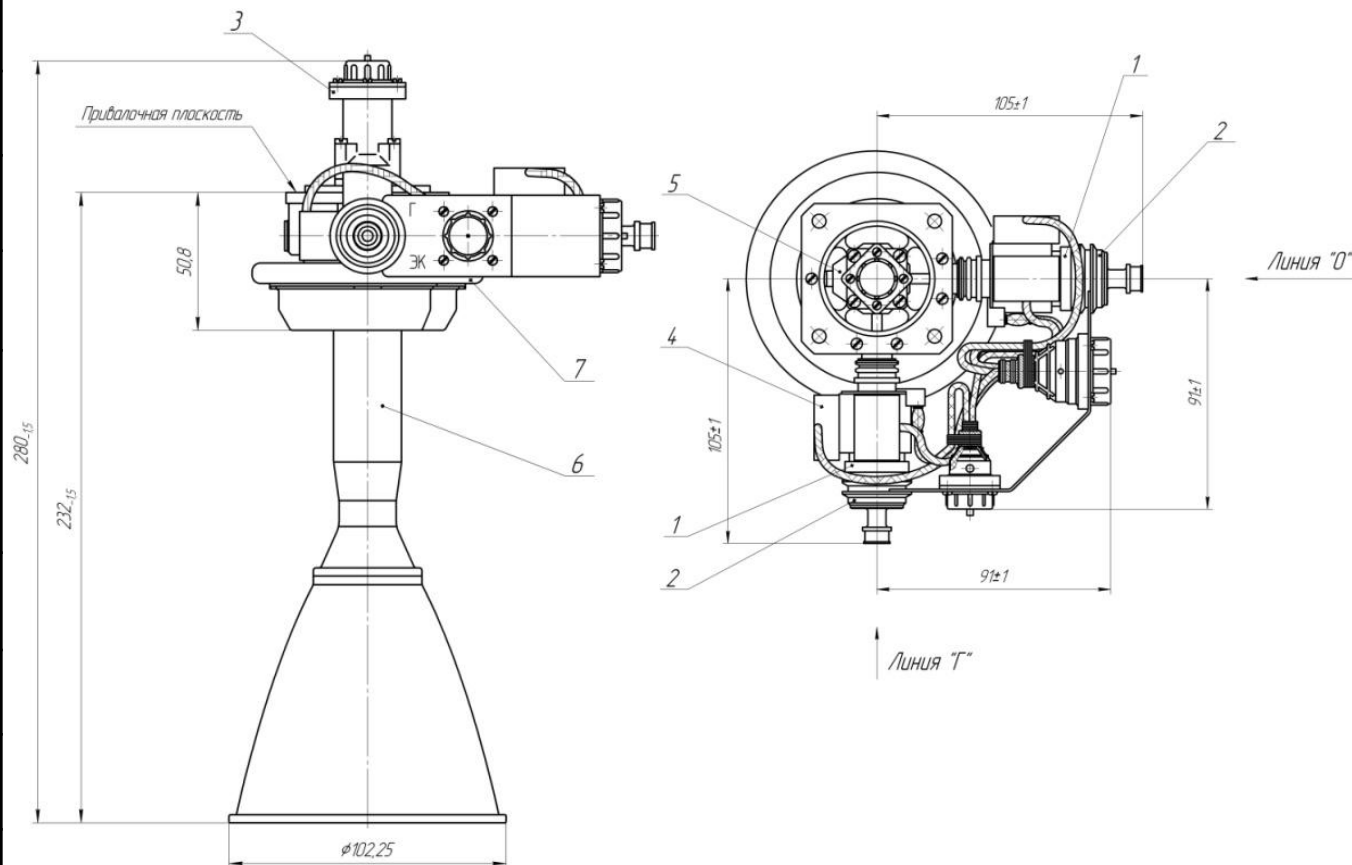
2.1.3 ЖРДМТ С5.145.00-0

Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Параметры двигателя С5.145.00-0

Топливо	АТ-НДМГ
Соотношение компонентов	1,85
Тяга, Н	53
Удельный импульс, м/с (с)	2992 (305)
Давление компонентов на входе, МПа	1,5
Продолжительность включения, с: – минимальное; – максимальное	0,03 4000
Суммарное время работы, с	25000
Количество включений	300000
Геометрическая степень расширения сопла	200
Энергопотребление электроклапанов, Вт, не более	15,8
Энергопотребление нагревателя, Вт, не более	4,05
Масса, кг	1,2

Конструкция



Конструкция ЖРДМТ двигателя С5.145.00-0:
 1 - электроклапаны «О» и «Г». 2 - дроссели «О» и «Г».
 3 – электронагреватель. 4 - сигнализатор магнитоуправляемый.
 5 -форсуночная головка. 6 - камера сгорания. 7 - теплоизоляция

Описание работы двигателя



Фотография двигателя

Управление двигателем осуществляется подачей электрических команд на обмотки электроклапанов. Командой на включение (пуск) двигателя является подача питающего напряжения, командой на выключения (останов) двигателя – снятие питающего напряжения.

При включении и выключении двигателя подается и снимается напряжение питания с электроклапанов окислителя и горючего одновременно.

Время работы двигателя за одно включение определяется от момента подачи напряжения на электроклапаны и до момента снятия напряжения с электроклапанов.

На электроклапане установлен сигнализатор магнитоуправляемый, предназначенный для контроля наличия управления магнитного поля (прохождения тока) в обмотке клапана.

Двигатель представляет собой неразъемную паяно-сварную конструкцию.

Электроклапаны «О» и «Г» (1) нормально закрытые, многоразового действия, быстродействующие, малогабаритные, проточного типа, с приводом от электромагнита втяжного типа. Уплотняющая пара – фторопласт 40Т по металлу. Клапаны «О» и «Г» одинаковой конструкции. Электроклапан открывает (при пуске) и прекращает (при останове) доступ компонента топлива в форсуночную головку.

Дроссель 2 представляет собой набор шайб с отверстиями различного диаметра. Подборкой шайб обеспечивается гидравлическая настройка двигателя по линиям окислителя и горючего.

Электронагреватель 3 предназначен для поддержания теплового режима двигателя.

Сигнализатор магнитоуправляемый 4 предназначен для фиксации наличия магнитного поля (тока в обмотках) электроклапанов.

При подаче напряжения на клапан (прохождение тока через обмотку клапана) контакты сигнализатора магнитоуправляемого замыкаются, при снятии напряжения контакты размыкаются.

Форсуночная головка 5 двигателя выполнена по дефлекторно-центробежной схеме смесеобразования и служит для подачи компонентов топлива в камеру и образования топливной смеси. Головка состоит из корпуса с фланцем, форсунки «О», форсунки «Г», дефлектора, гнезда для установки электронагревателя, наконечников для установки электроклапанов. Горючее через наконечник и отверстия в корпусе поступает в центробежную форсунку, которая равномерно распыляет компонент на стенку камеры в виде тонкой пелены. Окислитель через наконечник и отверстия в корпусе поступает в струйную форсунку, а затем попадает на дефлектор и стекает в виде пелены на стенку камеры. Таким образом, все топливо, окислитель и горючее, подается на внутреннюю стенку камеры сгорания и участвует в ее охлаждении. Температура наружной стенки не превышает 1250 °С, что значительно ниже допустимой температуры в 1800 °С.

Камера сгорания 6 служит для сгорания топливной смеси и создания тяги вдоль оси камеры за счет истечения из сопла продуктов сгорания. Камера изготовлена из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким покрытием NbSi₂ + MoSi₂. Соединение камеры с форсуночной головкой осуществляется посредством фланца через стальное уплотнительное кольцо.

Теплоизоляция 7 предназначена для предохранения головки от лучистого теплового потока, идущего от работающей камеры сгорания. Теплоизоляция расположена на узле перехода камеры сгорания к форсуночной головке.

Двигатель разработан в 2011-2013 гг. Уровень отработки: литера «О». Планируется эксплуатация на КА «Луна-Ресурс», «Луна-Глоб».

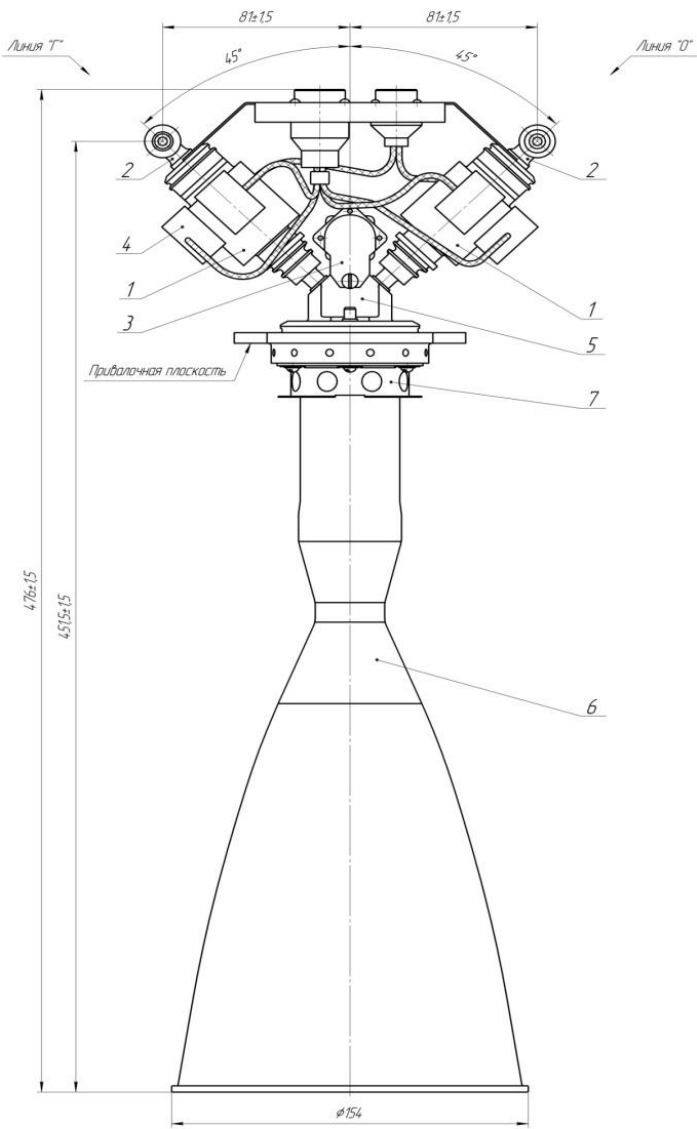
2.1.4 ЖРДМТ С5.146.00-0

Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Параметры двигателя С5.146.00-0

Топливо	АТ-НДМГ
Соотношение компонентов	1,85
Тяга, Н	200
Удельный импульс, м/с (с)	3012 (307)
Давление компонентов на входе, МПа	1,6
Продолжительность включения, с: - минимальное; - максимальное	0,03 4000
Суммарное время работы, с	30000
Количество включений	100000
Геометрическая степень расширения сопла	100
Энергопотребление электроклапанов, Вт, не более	34,2
Масса, кг	1,9

Конструкция



Конструкция ЖРДМТ двигателя С5.146.00-0:
1 - электроклапаны «О» и «Г», 2 - дроссельные элементы «О» и «Г», 3 – электронагреватель, 4 - сигнализатор магнитоуправляемый, 5 - форсуночная головка, 6 - камера сгорания, 7 - экран с теплоизоляцией.

Описание работы двигателя



Фотография двигателя

Жидкостной ракетный двигатель малой тяги С5.146.00-0 создает импульсы тяги по командам, подаваемым в виде электрических сигналов. Двигатель двухкомпонентный, работающий на самовоспламеняющейся паре компонентов топлива: АТ+НДМГ.

Управление двигателем осуществляется подачей электрических команд на обмотки электроклапанов 1. Командой на включение (пуск) двигателя является подача питающего напряжения, командой на выключения (останов) двигателя – снятие питающего напряжения. При включении и выключении двигателя подается и снимается напряжение питания с электроклапанов окислителя и горючего одновременно. Время работы двигателя за одно включение определяется от момента подачи напряжения на электроклапаны и до момента снятия напряжения с электроклапанов.

На электроклапане установлен сигнализатор магнитоуправляемый 4, предназначенный для контроля наличия магнитного поля (прохождения тока) в обмотке клапана. Двигатель представляет собой неразъемную сварную конструкцию. Электроклапаны «О» и «Г» (1) нормально закрытые, многоразового действия, быстродействующие, малогабаритные, проточного типа, с приводом от электромагнита втяжного типа. Уплотняющая пара – фторопласт 40Т по металлу. Клапаны «О» и «Г» одинаковой конструкции. Дроссельный элемент 2 представляет собой жиклер с отверстием. Требуемый расход компонентов топлива по линиям «О» и «Г» обеспечивается подбором жиклеров при настройке двигателя в процессе его изготовления. Электронагреватель 3 предназначен для поддержания теплового режима двигателя.

Сигнализатор магнитоуправляемый 4 предназначен для контроля прохождения тока в обмотке электроклапана. При отсутствии магнитного поля (тока в обмотке) электромагнита клапана контакты сигнализатора магнитоуправляемого разомкнуты. При наличии магнитного поля (тока в обмотке) электромагнита контакты сигнализатора магнитоуправляемого замкнуты.

Форсуночная головка двигателя 5 выполнена по дефлекторно-центробежной схеме смесеобразования и служит для подачи компонентов топлива в камеру и образования топливной смеси. Форсуночная головка состоит из корпуса, струйных форсунок «О», центробежной форсунки «Г», дефлектора, наконечника для подачи окислителя, наконечника для подачи горючего. Горючее через наконечник и отверстия в корпусе поступает в центробежную форсунку, которая равномерно распыляет компонент на стенку камеры в виде тонкой пелены. Окислитель через наконечник и отверстия в корпусе поступает в струйную форсунку, а затем попадает на дефлектор и стекает в виде пелены на стенку камеры. Таким образом, все топливо, окислитель и горючее, подается на внутреннюю стенку камеры сгорания и участвует в ее охлаждении. Температура наружной стенки не превышает 1250 °С. Камера 6 изготовлена из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким покрытием NbSi₂ + MoSi₂. Соединение фланца с камерой выполнено через неразъемный переходник. Экран предназначен для крепления объектовой теплоизоляции 7 к двигателю и предотвращения ее контакта с поверхностью камеры сгорания. Экран крепится неподвижно к камере с помощью резьбовых элементов.

Двигатель разрабатывается с 1998г. Планировалось использование в составе модулей МКС.

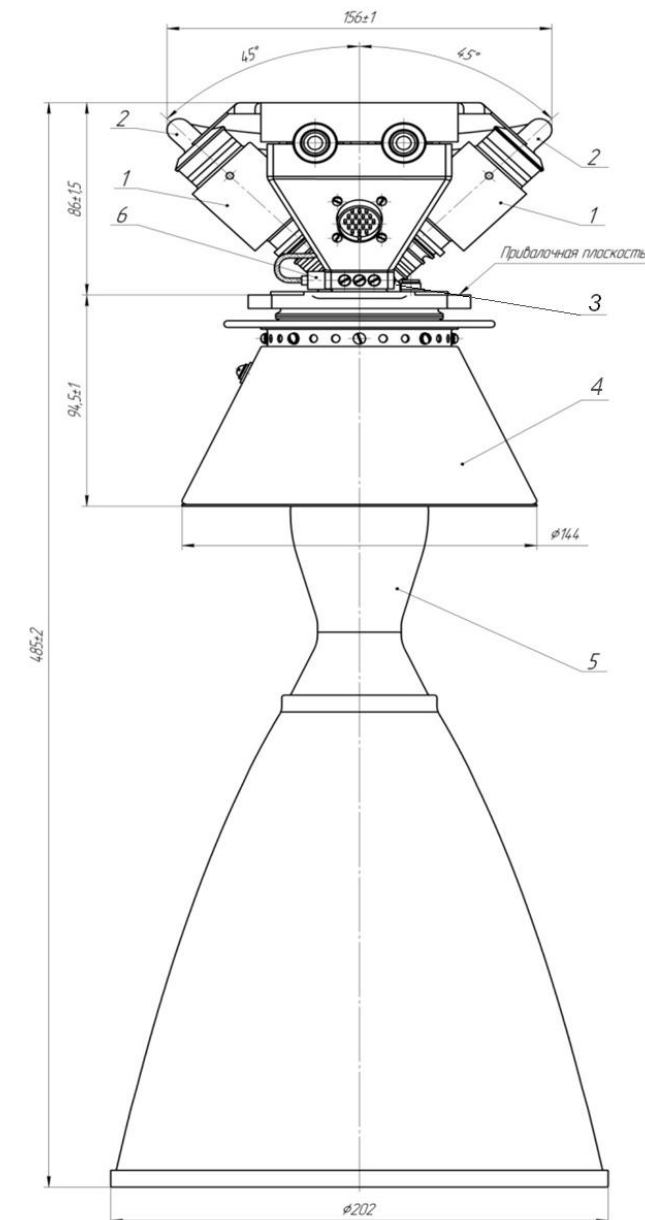
2.1.5 ЖРДМТ С5.165.00-0

Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Параметры двигателя С5.165.00-0

Топливо	АТ-НДМГ
Соотношение компонентов	1,85
Тяга, Н	392
Удельный импульс, м/с (с)	3061 (312)
Давление компонентов на входе, МПа	1,5
Продолжительность включения, с: - минимальное; - максимальное	0,05 4000
Суммарное время работы, с	30000
Количество включений	100000
Геометрическая степень расширения сопла	100
Энергопотребление электроклапанов, Вт, не более	34,2
Энергопотребление нагревателя, Вт, не более	2,3
Масса, кг	2,7

Конструкция



Конструкция ЖРДМТ двигателя С5.165.00-0: 1 - электроклапаны «О» и «Г» ; 2 - наконечники с трубопроводами «О» и «Г»; 3 - форсуночная головка; 4 - теплозащитный экран; 5 - камера сгорания; 6 - электронагреватели

Описание работы двигателя



Фотография двигателя

Жидкостной ракетный двигатель малой тяги С5.165.00-0 создает импульс тяги по командам, подаваемым в виде электрических сигналов. Двигатель двухкомпонентный, работающий на самовоспламеняющейся паре компонентов топлива: АТ+НДМГ.

Управление двигателем осуществляется подачей электрических команд на обмотки электроклапанов 1. Командой на включение (пуск) двигателя является подача питающего напряжения, командой на выключения (останов) двигателя – снятие питающего напряжения. При включении и выключении двигателя подается и снимается напряжение питания с электроклапанов окислителя и горючего одновременно. Время работы двигателя за одно включение определяется от момента подачи напряжения на электроклапаны и до момента снятия напряжения с электроклапанов.

Двигатель представляет собой неразъемную сварную конструкцию.

Электроклапаны «О» и «Г» (1) нормально закрытые, многоразового действия, быстродействующие, малогабаритные, проточного типа, с приводом от электромагнита втяжного типа. Уплотняющая пара – фторопласт 40Т по металлу. Клапаны «О» и «Г» одинаковой конструкции. Электроклапан открывает (при пуске) и прекращает (при останове) доступ компонента топлива в форсуночную головку 3. Для защиты от статического электричества двигатель выполнен с учетом требований ГОСТ 19005-81. Наружные поверхности двигателя электропроводны.

Электронагреватели 6 установлены в корпусе головки и предназначены для поддержания теплового режима двигателя. При подаче напряжения электрическая энергия преобразуется в тепловую. Напряжение питания может подаваться на электронагреватель с момента старта ракетносителя и не сниматься в течение всего полета. Также возможно управление электронагревателем по фактической температуре на головке. Термометр сопротивления предназначен для контроля температуры конструкции двигателя и режима работы электронагревателей.

Форсуночная головка двигателя 3 выполнена по дефлекторно-центробежной схеме смесеобразования и служит для подачи компонентов в камеру и образования топливной смеси. Головка состоит из корпуса с фланцем, форсунки «Г», форсунки «О», коллектора и дефлектора. Горючее через отверстие в корпусе поступает в центробежную форсунку, которая равномерно распыляет компонент на стенку камеры в виде тонкой пелены. Окислитель через два отверстия в корпусе поступает в кольцевой канал. Затем через пазы и отверстия в распределительном коллекторе подводится к струйным отверстиям форсунки «О», а затем попадает на дефлектор и стекает в виде пелены на стенку камеры. Таким образом, все топливо, окислитель и горючее, подается на внутреннюю стенку камеры сгорания и участвует в ее охлаждении. Камера 5 изготовлена из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким покрытием NbSi₂ + MoSi₂. Соединение камеры с форсуночной головкой осуществляется посредством сварки. Теплозащитный экран 4 предназначен для уменьшения теплового потока от камеры на конструкцию двигателя.

Двигатель разрабатывается с 2011г. Планировалось применение в РБ типа «Бриз».

2.1.6 ЖРДМТ С5.140.00А-0

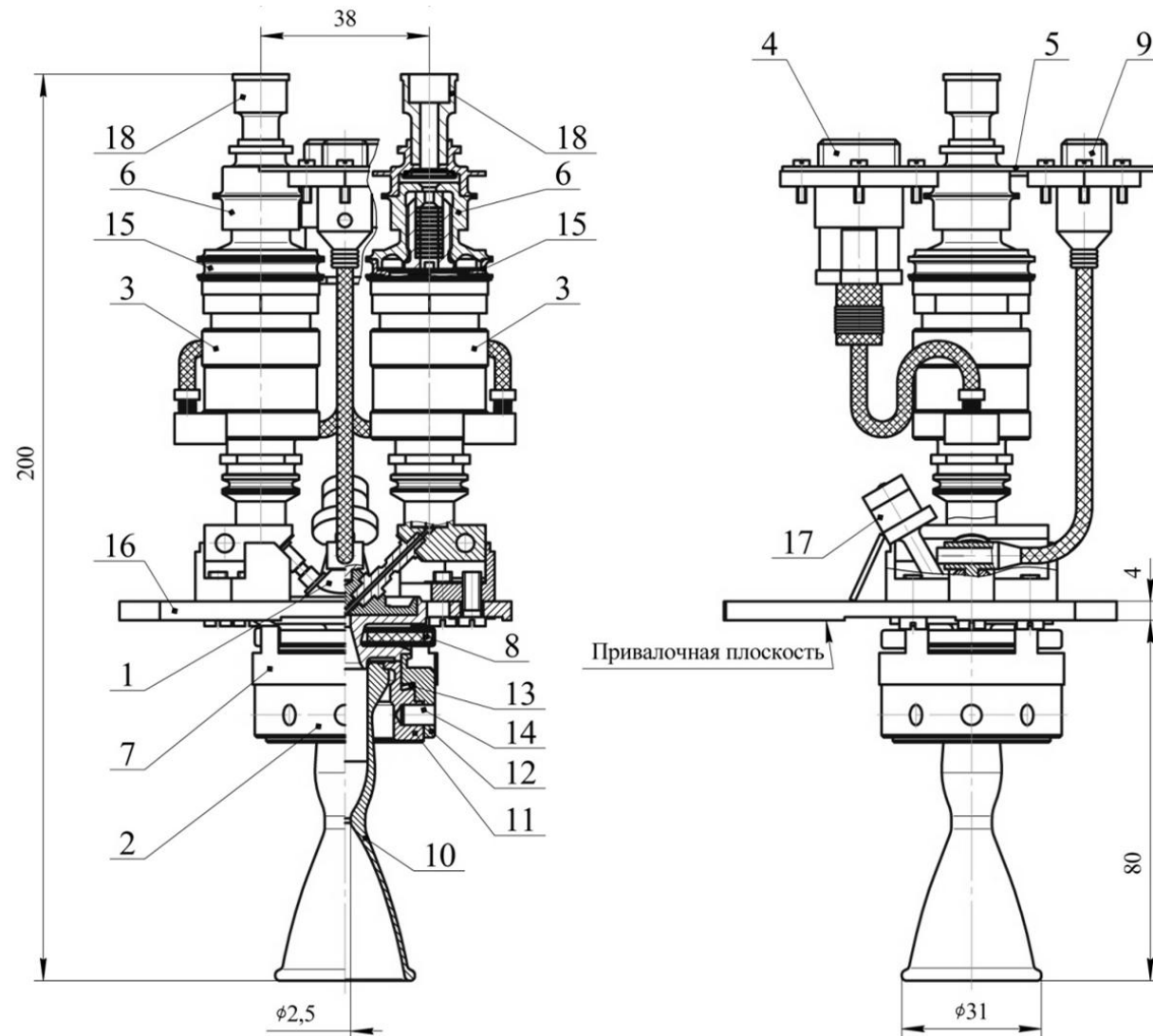
Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Двигатель С5.140. 00А-0 имеет две модификации - С5.140.00А1-0 и С5.140.00А2-0.

Параметры двигателя С5.140. 00А-0 (варианты 00А1-0; 00А2-0)

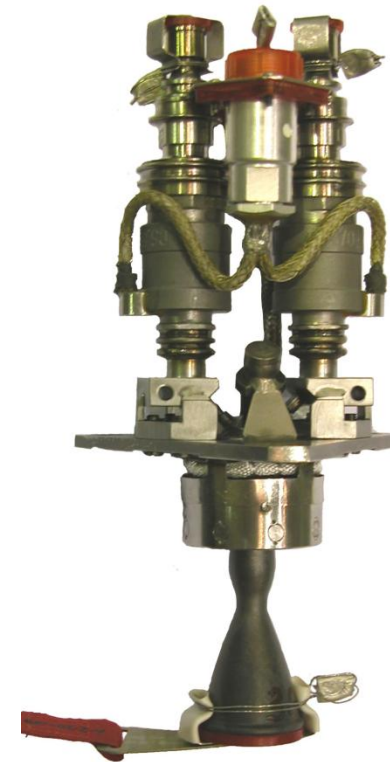
Параметр	Двигатель		
	С5.140.00А-0	С5.140.00А1-0	С5.140.00А2-0
Тяга пустотная, кгс	0,6	0,6	0,6
Удельный импульс тяги в пустоте, м/с (с)	2565 (261,5)	2565 (261,5)	2565 (261,5)
Расходный комплекс, м/с (с)	1410 (143,7)	1410 (143,7)	1410 (143,7)
Расход окислителя, г/с	1,489	1,489	1,489
Расход горючего, г/с	0,805	0,805	0,805
Соотношение расходов компонентов топлива	1,85	1,85	1,85
Давление в камере, МПа	0,65	0,65	0,65
Давление в выходном сечении сопла, кПа	0,60	0,60	0,60
Давление на входе в двигатель по линиям окислителя и горючего, МПа	1,2	1,4	1,5
Диаметр критического сечения мм	2,5	2,5	2,5
Диаметр выходного сечения сопла, мм	26,6	26,6	26,6
Геометрическая степень расширения сопла	113,2	113,2	113,2
Масса, кг	0,9	0,9	0,95
Суммарное время работы по ТЗ, сек	7000	5000	4700
Максимальная длительность единичного включения по ТЗ, сек	150	100	100
Минимальная длительность включения по ТЗ, сек	0,05	0,03	0,045
Минимальная пауза между включениями по ТЗ, сек	0,03	0,04	0,05
Суммарное количество включений по ТЗ	60000	50000	30000

Конструкция ЖРДМТ двигателя С5.140.00А-0

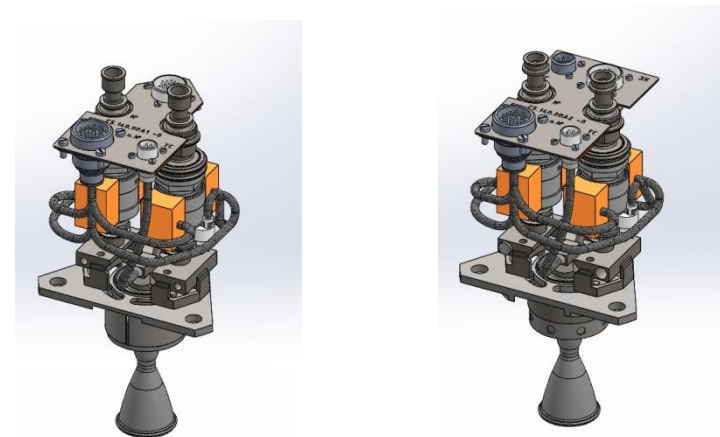


Конструкция ЖРДМТ двигателя С5.140.00А-0:

1 - смесительная головка, 2 - корпус камеры в сборе,
3 - электроклапаны «О» и «Г», 4 - электрический
соединитель 4 (ОСМ РС19А-Э), 5 - плата, 6 - дроссель «О»
и «Г», 7 - кожух, 8 - теплоизоляция головки, 9 - термометр
сопротивления, 10 - корпус камеры, 11 - затвор, 12 - гнездо
затвора, 13 - прокладка, 14 - штифт, 15 - фильтр,
16 - фланец, 17 - штуцер, 18 - наконечник.



Фотография двигателя



Облик двигателей С5.140.00А1-0 и С5.140.00А2-0

Описание работы двигателя

Двигатель С5.140.00А-0 представляет собой неразъемную паяно-сварную конструкцию и состоит из смесительной головки 1, корпуса камеры в сборе 2, клапанов О и Г 3 с электрическим соединителем 4 (ОСМ РС19А-Э).

Головка 1 содержит одну пару струйных форсунок окислителя и горючего с пересекающимися осями. Камера сгорания служит для сжигания компонентов топлива и создания тяги двигателя. Корпус камеры в сборе 2 содержит корпус камеры 10 и узел соединения. Корпус камеры 10 выполнен из ниобиевого сплава с жаростойким силицидным покрытием. Узел соединения служит для соединения смесительной головки 1 с корпусом камеры 10, выполненных из несвариваемых материалов и состоит из затвора 11, гнезда затвора 12, уплотнительной прокладки 13 и штифтов 14, удерживающих прокладку в сжатом (рабочем) положении. Клапаны 3 предназначены для управления подачей компонентов топлива в головку камеры сгорания.

Дроссели 6 предназначены для гидравлической настройки магистралей подачи компонентов топлива в двигатель. Дроссель содержит корпус с установленным в нем набором дроссельных шайб. При гидравлической настройке магистралей двигателя устанавливается необходимое количество шайб. Перед клапанами 3 установлены фильтры 15, имеющие номинальный размер ячейки 40 мкм. Между фланцем 16 и корпусом форкамеры смесительной головки 1 установлена теплоизоляция головки 8 из материала типа ЭВТИ-Е. Термометр сопротивления 9 предназначен для измерения температуры на головке камеры сгорания в диапазоне от минус 50°С до 200 С. Штуцер 17 служит для замера давления в камере сгорания через канал отбора давления в головке камеры сгорания на стендовом варианте двигателя. Двигатель С5.140.00А1-0 отличается от прототипа наличием сигнализатора магнитоуправляемого (СМ) с электрическим соединителем ОСМ РС32А-Э, а также видоизмененной платой, на которую установлены все электрические соединители.

Двигатель С5.140.00А-0 разработан в 2007-2009 гг. Уровень отработки: литера «О₁». Двигатель С5.140.00А-10 разработан в 2009-2010 гг. Уровень отработки: литера «О». Эксплуатируется на КА «Белка», «Тундра», «Барс М».

Сигнализатор магнитоуправляемый предназначен для контроля прохождения электрического тока через клапан. Чувствительный элемент сигнализатора замыкает контакты при прохождении тока через клапаны двигателя и размыкает их при отсутствии тока. Сигналы сигнализатора магнитоуправляемого используются в системе управления и телеметрии.

Двигатель С5.140.00А2-0 является модификацией двигателя С5.140.00А1-0 и отличается от прототипа наличием электронагревателя (НГ) с электрическим соединителем ОСМ РС7А-Э, а также видоизмененной платой, на которую установлены все электрические соединители. Электронагреватель предназначен для подогрева окислителя на входе в смесительную головку. Электронагреватель крепится на головке камеры сгорания с помощью клея-герметика. Для включения двигателя С5.140.00А-0 (С5.140.00А1-0, С5.140.00А2-0) подается напряжение на обмотки электромагнитов клапанов (ЭК) 3. При подаче напряжения ЭК 3 окислителя и горючего открываются и компоненты поступают в смесительную головку 1. При выключении двигателя напряжение с обмотки электромагнитов ЭК снимается, клапаны закрываются, прекращается поступление компонентов в камеру и давление в камере падает. Все варианты двигателей выполнены из аналогичных материалов. Корпус камеры 10 выполнен из ниобиевого сплава Н65В2МЦ-ЭД-М. На наружную и внутреннюю поверхность корпуса камеры 10 нанесено жаростойкое силицидное покрытие. Затвор 11 выполнен из титанового сплава ВТ6С. Прокладка 13 и фланец 16 выполнены из сплава ХН60ВТ, гнездо затвора 12 и штифты 14 выполнены из 07Х16Н6. Все остальные детали выполнены из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

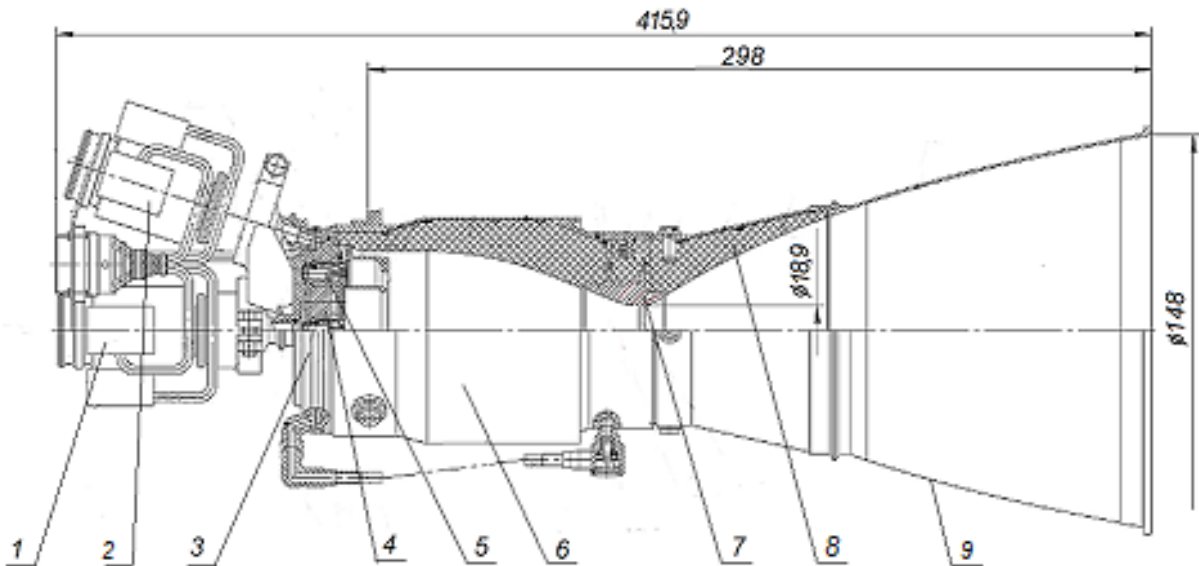
2.1.7 ЖРДМТ 255У.487.00-0

Двигатель предназначен для первоначального успокоения КА, ориентации и стабилизации его положения.

Параметры двигателя 255У.487.00-0

Параметр	Двигатель 255У.487.00-0
Тяга пустотная, кгс	60
Удельный импульс тяги в пустоте, м/с (с)	2972 (303)
Соотношение расходов компонентов топлива	1,85
Давление в камере, кгс/см ²	12,0
Давление на входе в двигатель по линиям окислителя и горючего, кгс/см ²	20
Диаметр критического сечения , мм	18,9
Диаметр выходного сечения сопла, мм	148
Геометрическая степень расширения сопла	61,3
Масса, кг	3,3
Суммарное время работы по ТЗ, сек	100
Максимальная длительность единичного включения по ТЗ, сек	50
Мин. длительность включения по ТЗ, сек	0,2
Суммарное количество включений по ТЗ	100
Время от команды «Пуск» до момента достижения 70% номинальной тяги при первом включении, сек	0,1148 0,0134

Конструкция



Конструкция ЖРДМТ двигателя 255У.487.00-0:

1 - электроклапан окислителя, 2 - электроклапан горючего, 3 - смесительная головка, 4 – форсунка ядра, 5 - форсунка периферийного ряда, 6 - корпус камеры, 7 – вкладыш, 8 - сопло, 9 - радиационно-охлаждаемый сопловой насадок



Фотография двигателя

Описание работы двигателя

Двигатель представляет собой неразъёмную паяно-сварную конструкцию и состоит из электроклапанов окислителя 1 и горючего 2, и смесительной головки 3. Наконечники окислителя и горючего содержат дроссельные узлы для точной настройки двигателя на входные давления. На электроклапанах 1 и 2 установлены чувствительные элементы (герконы) сигнализатора магнитоуправляемого. На плате установлены электрический разъём электроклапанов, электрический разъём сигнализатора магнитоуправляемого, а также электрический разъём блока термометров термоэлектрических, три чувствительных элемента которого установлены на смесительной головке 3. Блок термометров термоэлектрических выдаёт данные в систему управления и телеметрии о тепловом состоянии смесительной головки 3 и электроклапанов 1 и 2.

Смесительная головка 3 содержит двухкомпонентные жидкостные центробежные форсунки ядра 4 и периферийного ряда 5, расположенные по концентрическим окружностям. Экран служит для создания внутреннего пристеночного слоя завесного охлаждения и исключает попадание окислителя на внутреннюю стенку камеры. Корпус камеры 6 состоит из вкладыша 7, сопла 8 и радиационно-охлаждаемый сопловой насадок 9. Сопло 8 вместе с насадком выполнены из нетеплопроводного аблирующего материала П-5-7. В насадок запрессован во вкладыш 7, выполненный из жаростойкого аблирующего сплава ВД-МП. Радиационно-охлаждаемый сопловой насадок 9 выполнен тонкостенным из жаропрочной стали 07X25N16AG6Ф-Ш и соединяется с оболочкой сопла посредством сварки.

Компоненты топлива по трубопроводам двигательной установки, через наконечники окислителя и горючего с дроссельными элементами подведены до уплотняющих элементов электроклапанов 1 и 2. После подачи напряжения на электроклапаны 1 и 2 через электрический соединитель, штоки клапанов втягиваются, тем самым открывая проходные сечения для подачи компонентов на входы в смесительную головку 3. Пройдя через форсунки, компоненты в распыленном состоянии попадают во внутреннюю полость камеры сгорания, где происходит их смешение и горение. Истечение продуктов сгорания компонентов топлива из сопла камеры создаёт тягу. Часть горючего через тангенциальные отверстия в насадке и винтовые каналы во вкладыше 7 подаётся в кольцевую канавку между насадком и вкладышем 7, откуда равномерно натекает на вкладыш, тем самым создавая слой его внутреннего охлаждения. Крепление двигателя к двигательной установке осуществляется посредством трех кронштейнов, расположенных на наружной поверхности оболочки насадка. Соединение двигателя с подводящими трубопроводами двигательной установки осуществляется с помощью их сварки с наконечниками двигателя.

Двигатель разработан в 2011-2014 гг. Уровень отработки: литера «О». Планируется использование на КА «Луна-Ресурс», «Луна-Глоб».

2.2 Двухкомпонентные ЖРДМТ разработки ФГУП «НИИмашиностроения» [1, 4]

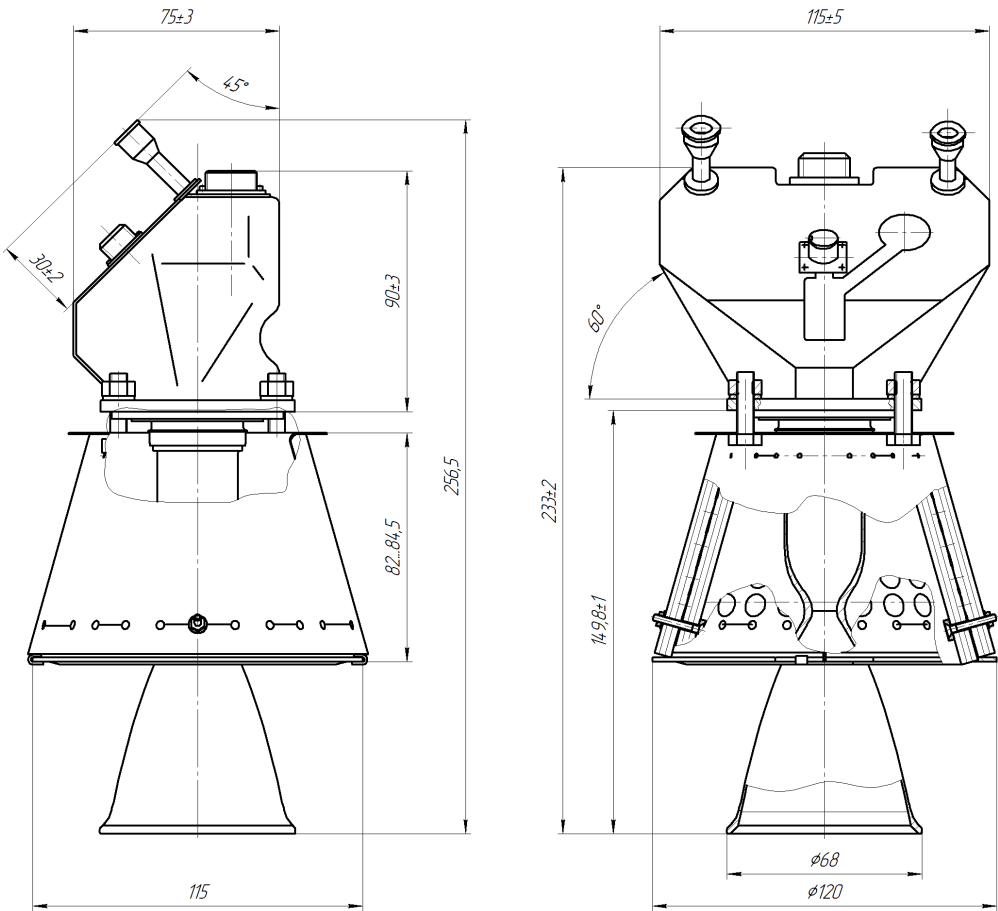
2.2.1 ЖРДМТ 11Д457Ф

двигатель малой тяги 11Д457Ф предназначен для использования в ДУ ориентации и стабилизации КА.

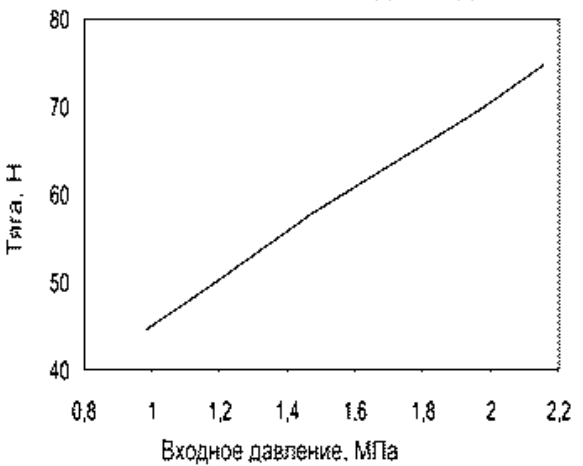
Параметры двигателя 11Д457Ф

Компоненты топлива	АТ-НДМГ
Номинальная тяга, Н	53,9
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2842
Номинальное давление на входе, МПа	1,18
Рабочее давление на входе, МПа	1,03...1,32
Ресурсные характеристики: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	5750 100000
Геометрическая степень расширения сопла	60
Масса, кг	1,5

Конструкция



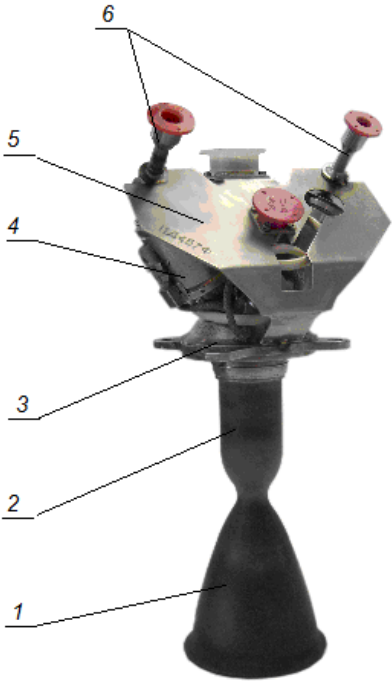
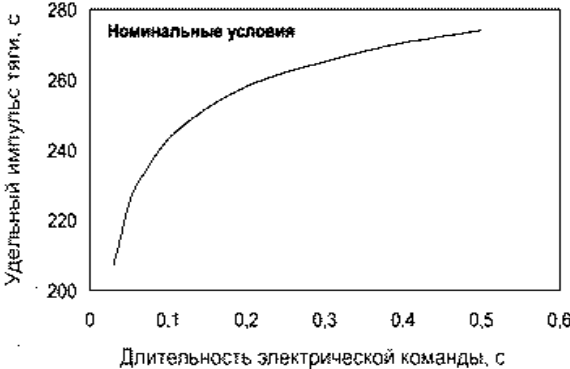
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности электрической команды



Зависимость удельного импульса тяги от длительности электрической команды



Состав двигателя: 1 – сопло, 2 - камера сгорания, 3 - смесительная головка, 4 - электроклапаны, 5 - силовая пластина, 6 - входные трубопроводы

Описание работы двигателя

Жидкостный ракетный двигатель 11Д457Ф работает на самовоспламеняющемся ракетном топливе, состоящем из горючего НДМГ и окислителя АТ.

В состав двигателя входят следующие основные узлы и агрегаты:

- смесительная головка 3 с двухкомпонентной струйно-центробежной форсункой, выполненной из нержавеющей стали, обеспечивающей подачу компонентов топлива в КС и организацию рабочего процесса в камере сгорания. Корпус смесительной головки с кронштейном крепления двигателя к ДУ заимствован с двигателя-аналога 11Д457;

- камера сгорания 2 с соплом 1 выполнена из жаропрочного сплава Нб5В2МЦ с жаростойким молибдено-силицидным покрытием и предназначена для преобразования компонентов топлива в высокотемпературный скоростной поток продуктов их реакции, обеспечивающий создание тяги двигателя;

- электроклапаны 4 окислителя и горючего РТ200.00-02 предназначены для отдельной подачи компонентов топлива в смесительную головку. Электроклапаны заимствованы с двигателя 11Д457, находятся в серийном производстве;

- электронагреватели установленные на электроклапанах;

- силовая пластина 5 методом сварки соединяет входные трубопроводы 6 со смесительной головкой, обеспечивая необходимую жесткость конструкции.

На силовой пластине закреплены датчик температуры ТМ-006А-04 и электрические соединители ОСМ РС19АЭ и ОСМ РС 4АЭ.

- экран тепловой, который состоит из следующих слоёв в порядке убывания от сопла: рубашки с матами ЭВТИ-Е-5 (пять слоёв) и ЭВТИ-Е-10 (десять слоёв), стального кожуха изготовленного из стали 12Х18Н10Т толщиной 0,3 мм. Крепление теплового экрана на двигателе выполняется через четыре болтовых соединения, которыми двигатель закрепляется на кронштейне объекта.

При подаче на контакты электрического соединителя ОСМ РС19АЭ электрического напряжения $27 \pm 7В$ электроклапаны окислителя и горючего открываются, и компоненты топлива через двухкомпонентную струйно-центробежную форсунку смесительной головки поступают в камеру в виде совместного конуса распыла, пересекаемого струями окислителя. В камере происходит преобразование компонентов топлива в высокотемпературный скоростной поток продуктов сгорания, который истекает из сопла двигателя, создавая реактивную силу тяги двигателя. При снятии электрического напряжения с контактов электрического соединителя РС19АЭ электроклапаны закрываются, прекращая поступление компонентов топлива в камеру. Рабочий процесс в камере прекращается и реактивная сила тяги исчезает.

Двигатель разработан в 2005-2009 гг. Уровень отработки: литера «О».

Двигатель использовался в составе двигательной установки перелётного модуля по международной программе «Фобос-Грунт».

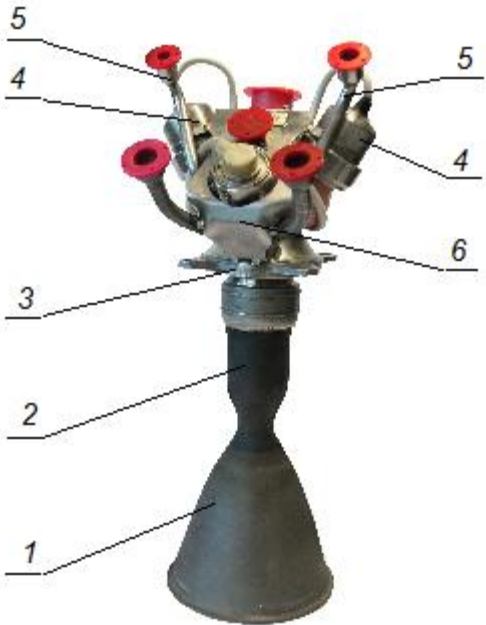
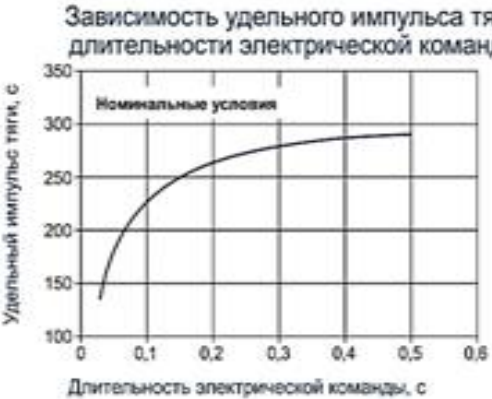
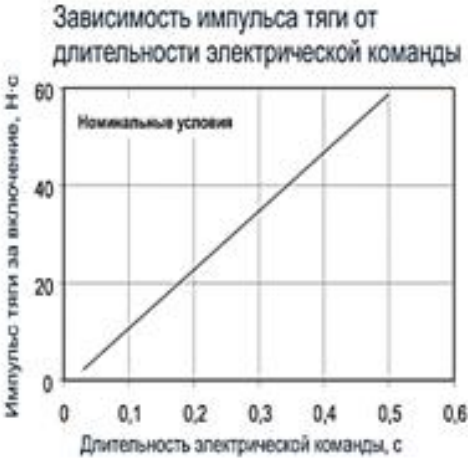
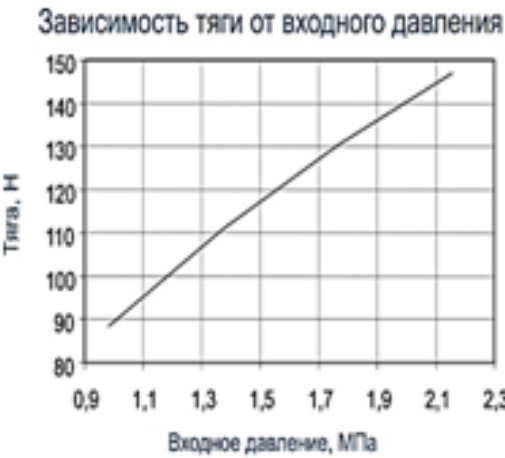
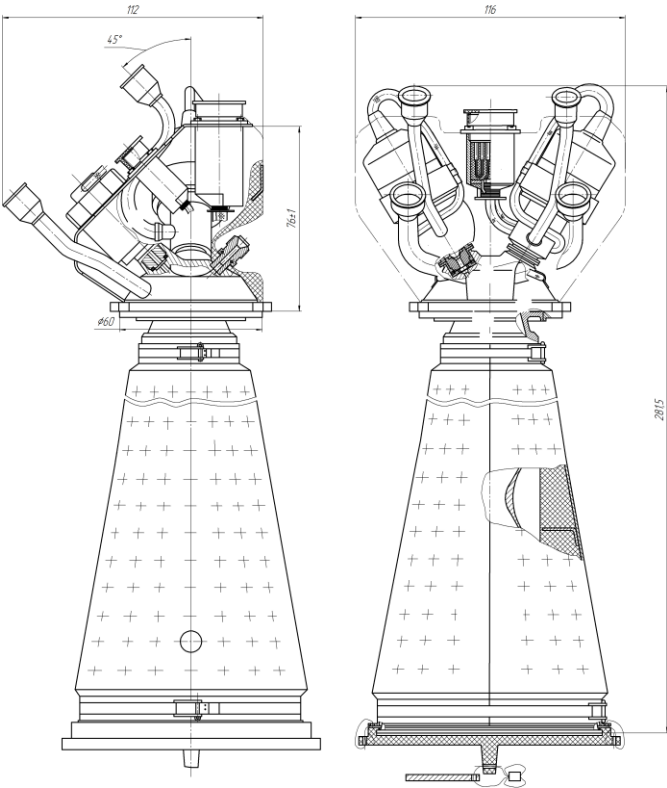
2.2.2 ЖРДМТ 11Д428А-16

Двигатель малой тяги 11Д428А-16 предназначен для использования в ДУ ориентации и стабилизации КА и в процессе сближения с другими КА.

Параметры двигателя 11Д428А-16

Компоненты топлива	АТ-НДМГ
Номинальная тяга, Н	129,16
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2852
Номинальное давление на входе, МПа	1,76
Рабочее давление на входе, МПа	0,98...1,86
Ресурсные характеристики: -максимальное время огневой работы, с -максимальное количество включений	20000 40000
Геометрическая степень расширения сопла	53
Масса, кг, не более	1,5

Конструкция



Состав двигателя: 1 – сопло, 2 - камера сгорания, 3 - смесительная головка, 4 - электроклапаны, 5 - входные трубопроводы, 6 - силовая пластина

Описание работы двигателя

Жидкостный ракетный двигатель 11Д428А-16 работает на самовоспламеняющемся ракетном топливе, состоящем из горючего НДМГ и окислителя АТ. В состав двигателя входят следующие основные узлы и агрегаты: камера, включающая в себя форсуночную головку и сопло из электроклапаны окислителя и горючего, настроечные жиклёры, установленные на входе в трубопроводы окислителя и горючего, трубопроводы окислителя и горючего, пластина, термометр, сигнализатор давления в камере, система терморегулирования двигателя, защитный кожух сопла.

Камера сгорания состоит из сопла, изготовленного из жаропрочного сплава Н65В2МЦ с жаростойким силицидным покрытием, и переходника из стали 12Х18Н10Т-ВД.

Базовым элементом конструкции двигателя является форсуночная головка, включающая в себя: корпус головки с фланцем крепления двигателя к объекту и гнездами для установки электроклапанов и сигнализатора давления, двухкомпонентную форсунку.

Электроклапаны ЭЖК 11Д428.200.00-04 нормально-закрытого типа установлены в гнезда корпуса головки по трактам окислителя и горючего, соединены с трубопроводами окислителя и горючего соответственно и служат для подачи и отсечки компонентов топлива, поступающего через каналы головки и форсунки в камеру по командам от системы управления КА.

Температура головки двигателя контролируется термометром, установленным на шейке электроклапана окислителя.

Головка с установленными на ней электроклапанами защищена теплоизоляцией. На внешней поверхности сопла также имеется теплоизоляция в виде кожуха. Двигатель оснащён системой терморегулирования, которая представляет собой канал, расположенный на корпусе головки, и включает в себя трубопроводы подвода рабочего тела и теплообменный тракт. Система терморегулирования служит для обеспечения теплового режима головки, электроклапанов и сигнализатора давления в период эксплуатации двигателя. При подаче напряжения на контакты электроклапанов по команде от системы управления КА электроклапаны открываются и компоненты топлива поступают в камеру сгорания, где происходит их смешение, самовоспламенение и горение. Продукты сгорания, истекая через сопло, создают тягу двигателя. При достижении в камере двигателя давления 0,12 МПа замыкаются контакты сигнализатора давления, и в систему управления КА поступает сигнал о срабатывании двигателя. Двигатель выключается снятием напряжения с контактов электроклапанов, при этом электроклапаны закрываются, отсекая доступ компонентов топлива в камеру сгорания, давление в камере сгорания падает, контакты сигнализатора, размыкая цепи, дают сигнал в систему управления КА об окончании работы двигателя. Двигатель в процессе изготовления настраивается на заданное соотношение компонентов топлива и не нуждается в регулировке.

Двигатель разработан в 2006-2011 гг. Уровень отработки: литера «О₁».

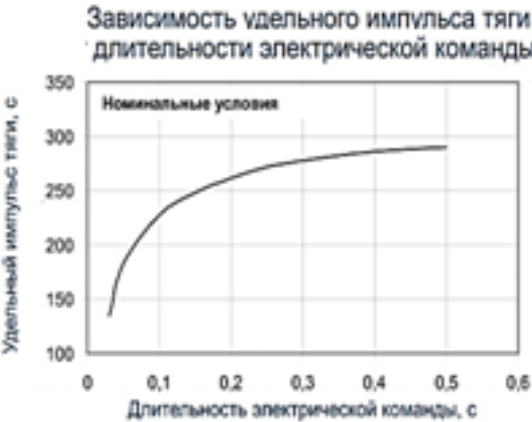
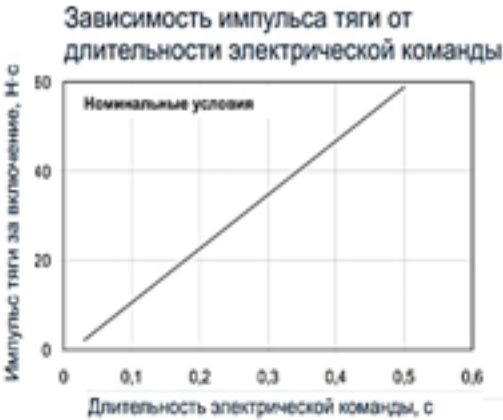
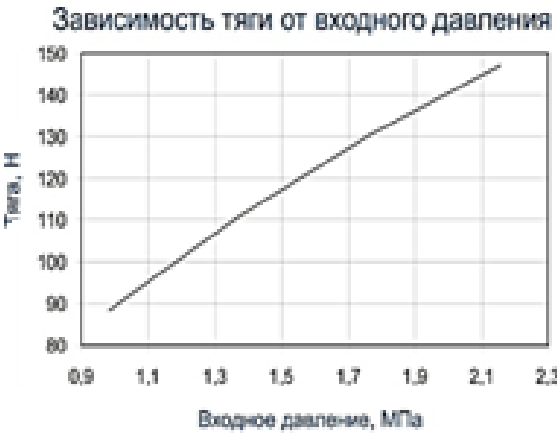
Двигатель используется в составе пилотируемых кораблей "Союз" и транспортных кораблей "Прогресс".

2.2.3 ЖРДМТ 11Д428АФ-16

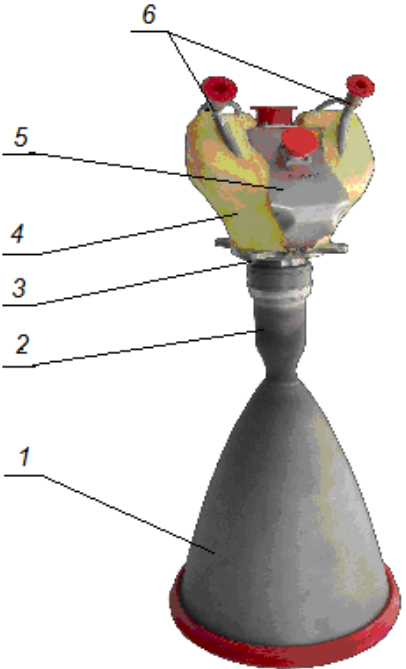
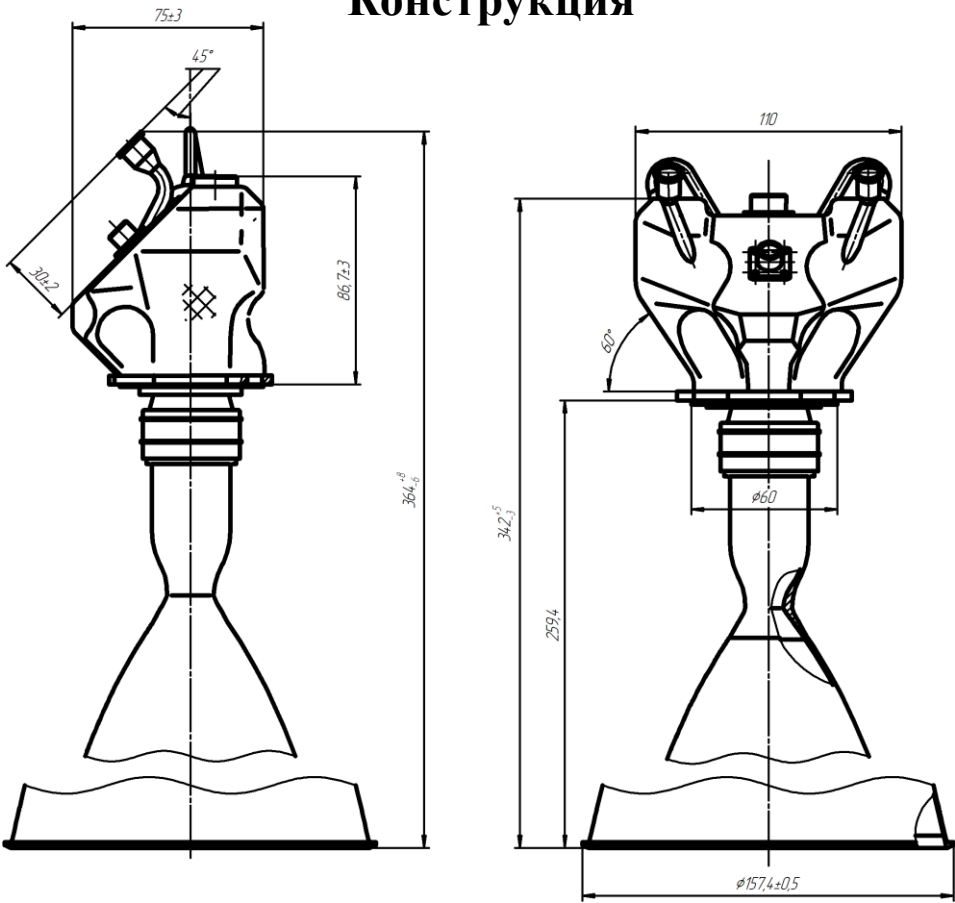
Ракетный двигатель малой тяги 11Д428АФ-16 предназначен для использования в ДУ ориентации и стабилизации КА.

Параметры двигателя 11Д428АФ-16

Компоненты топлива	АТ-НДМГ
Номинальная тяга, Н	123,5
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	3000
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	1,37...1,57
Ресурсные характеристики: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	2000 100
Геометрическая степень расширения сопла	157
Масса, кг	1,9



Конструкция



Состав двигателя: 1 – сопло, 2 - камера сгорания, 3 - смесительная головка, 4 – вибротеплозащита, 5 - силовая пластина, 6 - входные трубопроводы

Описание работы двигателя

Жидкостный ракетный двигатель 11Д428АФ-16 работает на самовоспламеняющемся ракетном топливе, состоящем из горючего НДМГ и окислителя АТ. В состав двигателя входят следующие основные узлы и агрегаты: камера сгорания 2 с соплом 1, включающая в себя форсуночную головку 3, электроклапаны окислителя и горючего, настроечные жиклёры, установленные на входе в трубопроводы окислителя и горючего, трубопроводы окислителя и горючего 6, пластина 5, термометр, электронагреватель.

Базовым элементом конструкции двигателя является форсуночная головка, включающая в себя: корпус головки с фланцем крепления двигателя к объекту и гнёздами для установки электроклапанов и электронагревателя, двухкомпонентную форсунку. Камера сгорания состоит из сопла, изготовленного из жаропрочного сплава Нб5В2МЦ с жаростойким силицидным покрытием и переходника, изготовленного из стали 12Х18Н10Т-ВД. Электроклапаны ЭЖК 11Д428.200.00-04 нормально-закрытого типа установлены в гнёзда корпуса головки по трактам окислителя и горючего, соединены с трубопроводами окислителя и горючего соответственно и служат для подачи и отсечки компонентов топлива, поступающего через каналы головки и форсунки в камеру по командам от системы управления КА.

Электронагреватель, установленный на головку, предотвращает замерзание компонентов топлива.

Головка с установленными на ней электроклапанами и электронагревателем защищена теплоизоляцией. При подаче напряжения на контакты электроклапанов по команде от системы управления КА электроклапаны открываются и компоненты топлива поступают в камеру сгорания, где происходит их смешение, самовоспламенение и горение. Продукты сгорания, истекая через сопло, создают тягу двигателя. Двигатель выключается снятием напряжения с контактов электроклапанов, при этом электроклапаны закрываются, отсекая доступ компонентов топлива в камеру сгорания. Двигатель в процессе изготовления настраивается на заданное соотношение компонентов топлива и не нуждается в регулировке.

Двигатель разработан в 2006-2009 гг. Уровень отработки: литера «О₁».

Двигатель использовался в составе двигательной установки перелётного модуля по международной программе «Фобос-Грунт».

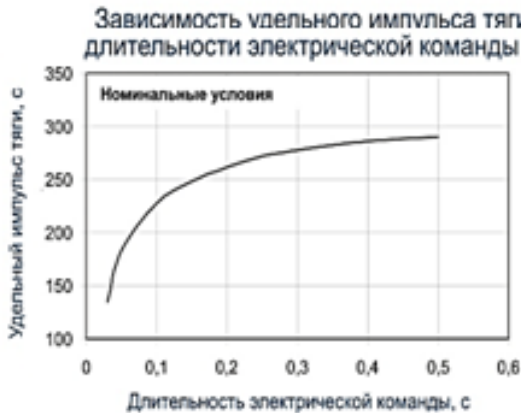
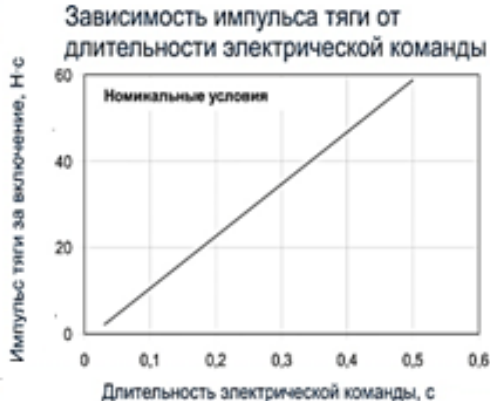
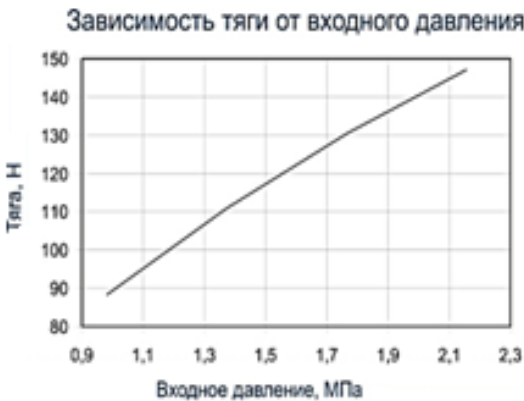
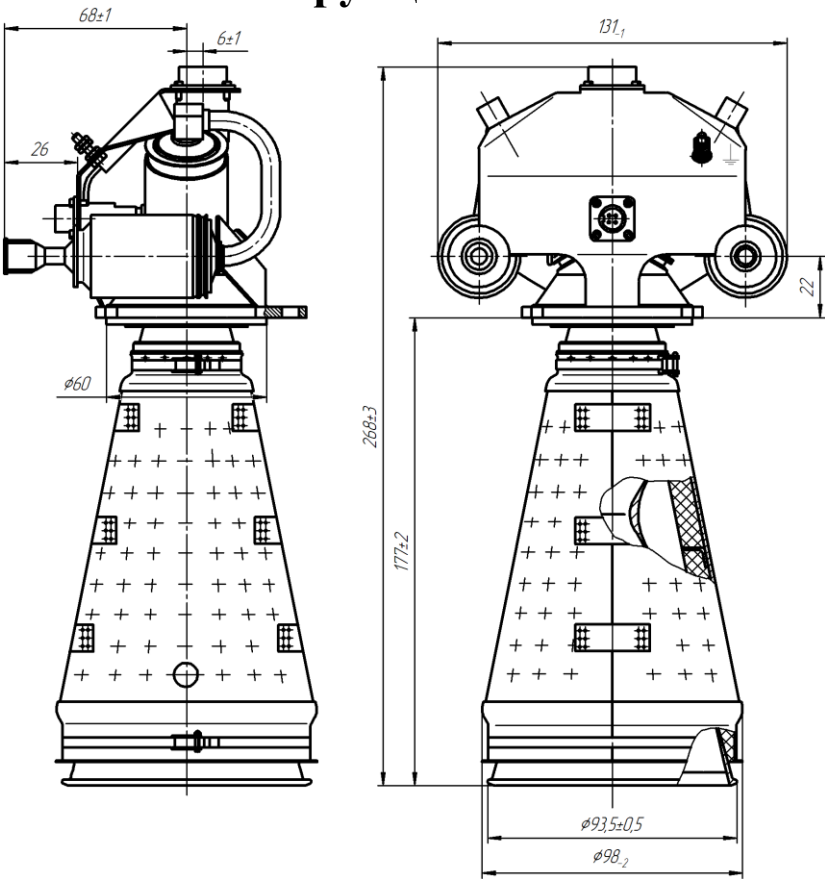
2.2.4 ЖРДМТ 11Д428А-22

Ракетный двигатель малой тяги 11Д428А-22 предназначен для использования в ДУ ориентации и стабилизации КА и РБ.

Параметры двигателя 11Д428А-22

Компоненты топлива	АТ-НДМГ
Номинальная тяга, Н	117,7
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2844
Номинальное давление на входе, МПа	1,52
Рабочее давление на входе, МПа	1,27...1,96
Ресурсные характеристики: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	10000 60000
Геометрическая степень расширения сопла	87,5
Масса, кг	1,6

Конструкция



Состав двигателя: 1 – теплоизоляция сопла, 2, - смесительная головка, 3 – электроклапаны, 4 - стабилизатор расхода

Описание работы двигателя

Жидкостный ракетный двигатель 11Д428А-22 работает на самовоспламеняющемся ракетном топливе, состоящем из горючего НДМГ и окислителя АТ. В состав двигателя входят следующие основные узлы и агрегаты: камера, включающая в себя форсуночную 2 головку и сопло, электроклапаны окислителя и горючего 3, настроечные жиклёры, установленные на входе в трубопроводы окислителя и горючего, стабилизаторы расхода 4 окислителя и горючего, пластина, термометр, электронагреватели.

Базовым элементом конструкции двигателя является форсуночная головка, включающая в себя: корпус головки с фланцем крепления двигателя к объекту и гнездами для установки электроклапанов, двухкомпонентную форсунку.

Камера сгорания состоит из сопла, изготовленного из жаропрочного сплава Н65В2МЦ с жаростойким силицидным покрытием, и переходника из стали 12Х18Н10Т-ВД.

Для исключения замерзания компонентов топлива в период молчания двигателя в его конструкцию введены электронагреватели, установленные на ЭК.

Температура головки двигателя контролируется термометром, установленным на пластину двигателя.

На внешней поверхности сопла имеется теплоизоляция в виде кожуха.

Электроклапаны ЭЖК РТ.200.00-06 нормально-закрытого типа установлены в гнезда корпуса головки по трактам окислителя и горючего, соединены со стабилизаторами окислителя и горючего соответственно и служат для подачи и отсечки компонентов топлива, поступающего через клапаны головки и форсунки в камеру по командам от системы управления КА. На входе в стабилизаторы расхода установлены трубопроводы с наконечниками для соединения с трактами окислителя и горючего объекта соответственно.

При подаче напряжения на контакты электроклапанов по команде от системы управления КА электроклапаны открываются и компоненты топлива поступают в камеру сгорания, где происходит их смешение, самовоспламенение и горение. Продукты сгорания, истекая через сопло, создают тягу двигателя. Двигатель выключается снятием напряжения с контактов электроклапанов, при этом электроклапаны закрываются, отсекая доступ компонентов топлива в камеру сгорания.

Двигатель в процессе изготовления настраивается на заданное соотношение компонентов топлива и не нуждается в регулировке.

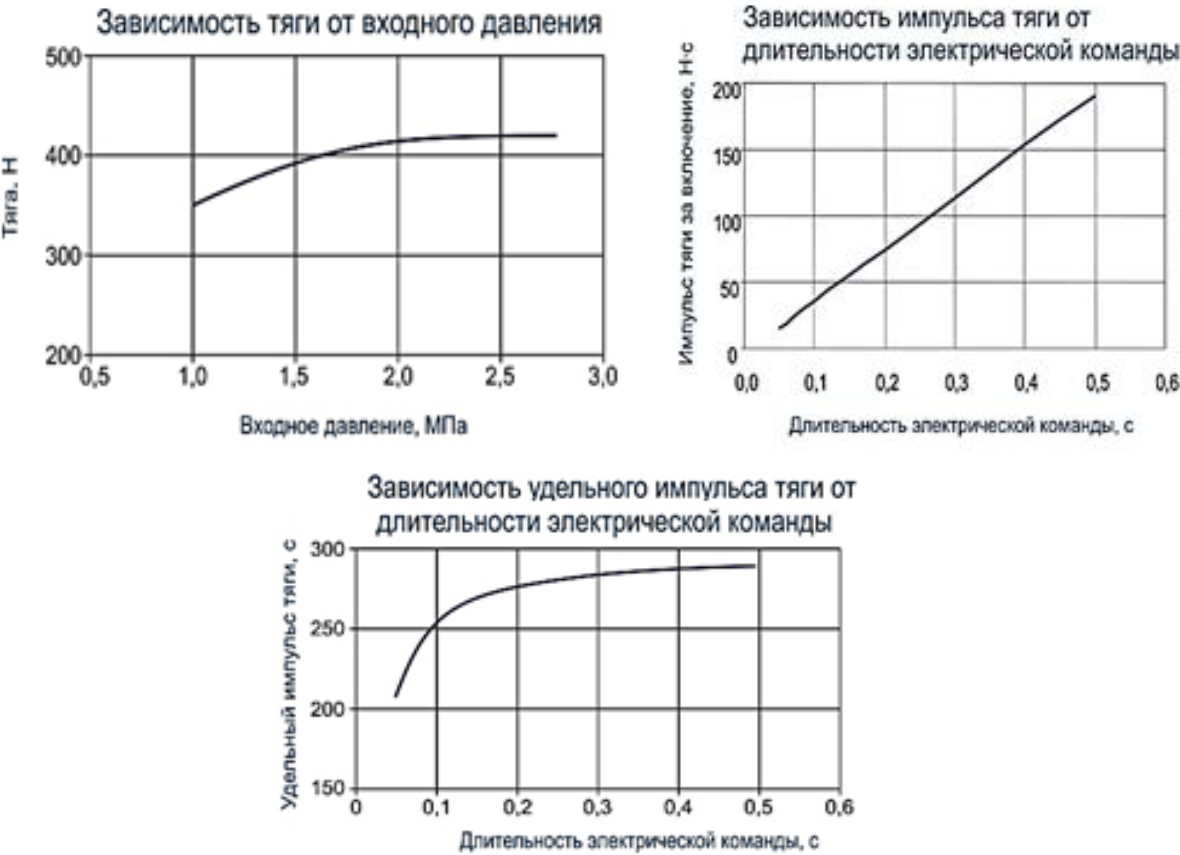
Двигатель разработан в 2005-2009 гг. Уровень отработки: литеры нет.

2.2.5 ЖРДМТ 11Д458М

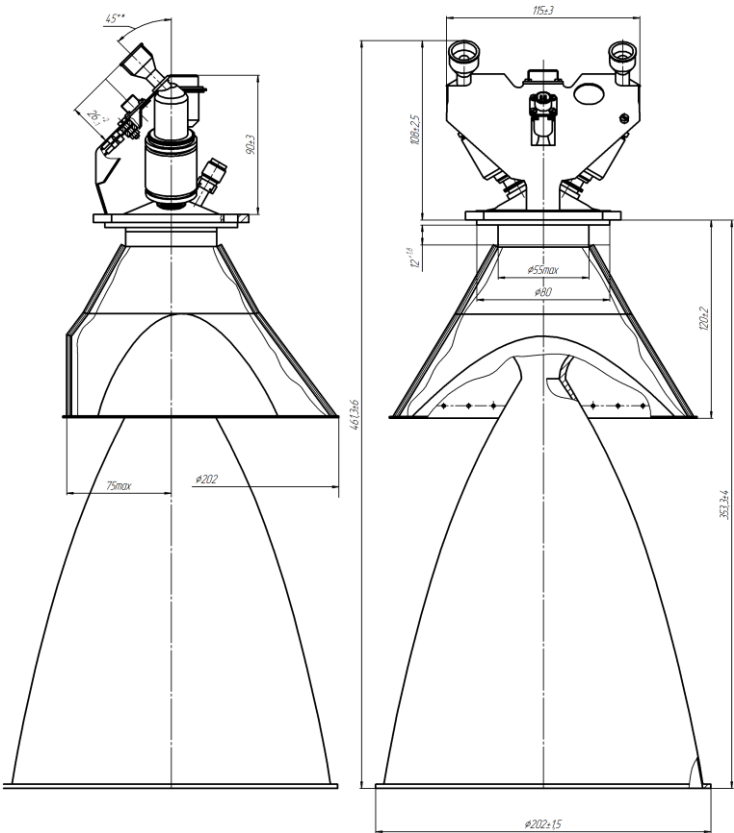
Ракетный двигатель малой тяги 11Д458М предназначен для использования в ДУ ориентации и стабилизации КА и РБ.

Параметры двигателя 11Д458М

Компоненты топлива, горючее/окислитель	АТ-НДМГ
Номинальная тяга, Н	392
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2943
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	1,27...1,97
Ресурсные характеристики: - максимальное время огневой работы, с, - максимальное количество включений,	1000 10000
Геометрическая степень расширения сопла	100
Масса, кг, не более	3



Конструкция



Состав двигателя: 1 – сопло, 2 - камера сгорания, 3 - смесительная головка, 4 – электроклапаны, 5 - силовая пластина, 6 - входные трубопроводы

Описание работы двигателя

Жидкостный ракетный двигатель 11Д458М работает на самовоспламеняющемся ракетном топливе, состоящем из горючего НДМГ и окислителя АТ. В состав двигателя входят следующие основные узлы и агрегаты: камера, включающая в себя форсуночную головку 3 и сопло 1, электроклапаны окислителя и горючего 4, настроечные жиклёры, установленные на входе в трубопроводы окислителя и горючего 6, пластина 5, термометр, электронагреватели.

Базовым элементом конструкции двигателя является камера, которая состоит из головки и сопла. Головка объединяет составные части двигателя и включает в себя корпус с фланцем для крепления двигателя к объекту и контактного теплообмена с кронштейном объекта, форсунку, канал системы терморегулирования, гнезда для установки электроклапанов окислителя и горючего. К электроклапанам приварены трубопроводы окислителя и горючего, внутри которых установлены жиклеры. На электроклапаны установлены электронагреватели.

Форсунка центробежная двухкомпонентная шнековая, дополнительно по периметру имеет 10 отверстий (струйные форсунки окислителя), предназначена для смешения и распыления компонентов топлива, а также для создания пристеночного слоя, охлаждающего камеру сгорания двигателя при его работе. Форсунка горючего расположена внутри форсунки окислителя.

Головка вместе с установленными на ней сборочными единицами, а также сопло, защищены теплоизоляцией.

Температура головки, электроклапанов контролируется термометром, установленным на пластину изделия.

Канал системы терморегулирования включает в себя теплообменный тракт, трубопроводы подвода и отвода компонентов и служит для обеспечения заданного теплового режима головки, электроклапанов в период эксплуатации двигателя. Электронагреватели являются дублирующими элементами системы терморегулирования.

Все соединения двигателя выполнены сварными, что обеспечивает их прочность и герметичность.

При подаче напряжения на контакты электроклапанов по команде от системы управления КА электроклапаны открываются и компоненты топлива поступают в камеру сгорания, где происходит их смешение, самовоспламенение и горение. Продукты сгорания, истекая через сопло, создают тягу двигателя. Двигатель выключается снятием напряжения с контактов электроклапанов, при этом электроклапаны закрываются, отсекая доступ компонентов топлива в камеру сгорания.

Двигатель в процессе изготовления настраивается на заданное соотношение компонентов топлива и не нуждается в регулировке.

Двигатель разработан в 2000-2004 гг. Уровень отработки: литера «О».

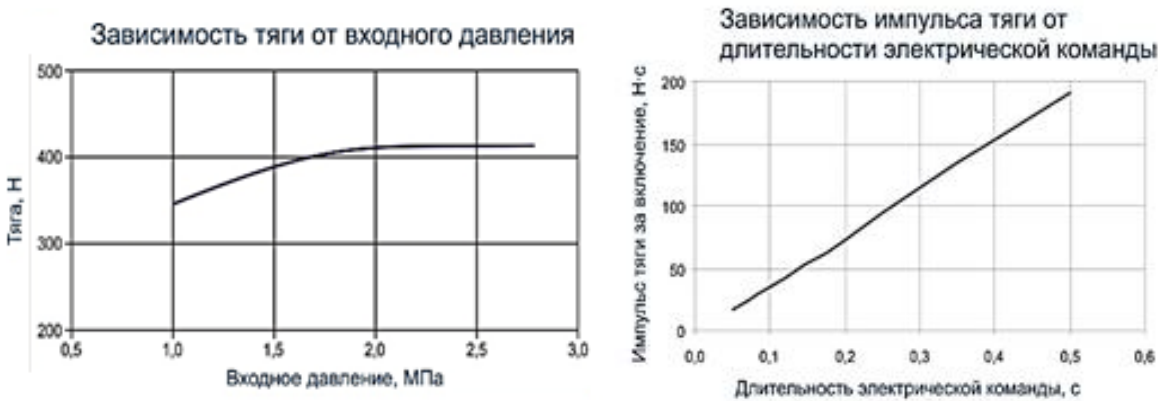
Двигатель используется в системе управления разгонного блока «Бриз-М». Первая партия двигателей поставлена в 2005 г.

2.2.6 ЖРДМТ 11Д458Ф

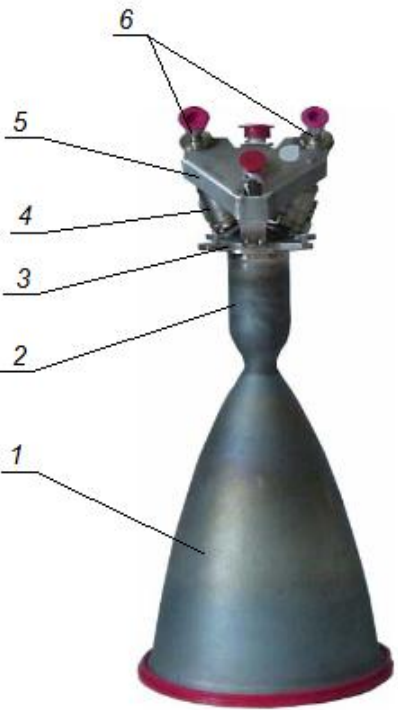
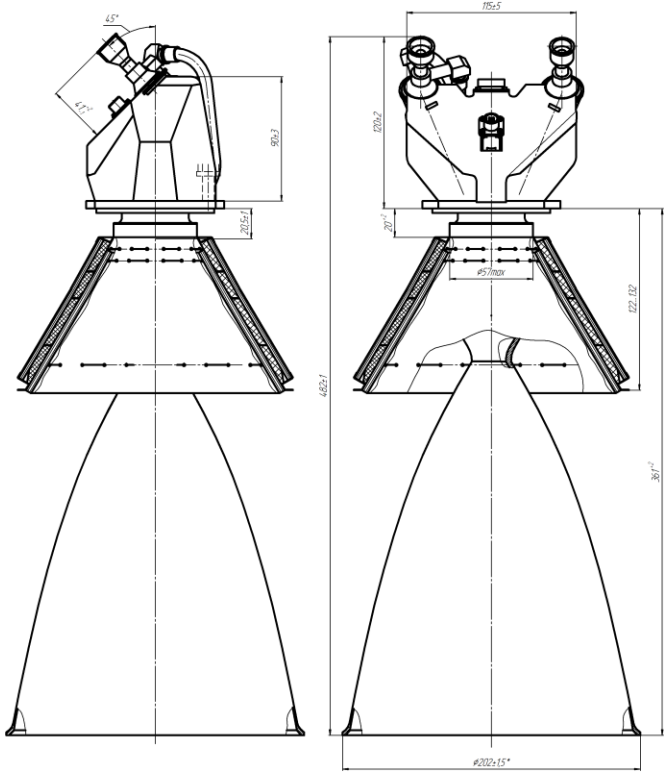
Ракетный двигатель малой тяги 11Д458Ф предназначен для использования в ДУ ориентации и стабилизации КА.

Параметры двигателя 11Д458Ф

Компоненты топлива, горючее/окислитель	АТ-НДМГ
Номинальная тяга, Н	382,2
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2995
Номинальное давление на входе, МПа	1,18
Рабочее давление на входе, МПа	1,03...1,32
Ресурсные характеристики: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	2750 10000
Геометрическая степень расширения сопла	100
Масса, кг	3,3



Конструкция



Состав двигателя: 1 – сопло,
2 - камера сгорания, 3 - смесительная
головка, 4 – электроклапаны, 5 - силовая
пластина, 6 - входные трубопроводы

Описание работы двигателя

Жидкостный ракетный двигатель работает на самовоспламеняющемся ракетном топливе, состоящем из горючего НДМГ и окислителя АТ. Подача и отсечка ракетного топлива в двигатели выполняется двумя электромагнитными клапанами (ЭКО и ЭКГ) 26РТ200 нормально-закрытого типа. Электрические линии, соединяющие ЭКО и ЭКГ, представляют собой кабельный жгут, заканчивающийся вилкой электрического соединителя. Таким образом, клапаны являются исполнительными органами двигателей и служат для их включения и останова по электрическим командам от системы управления. Все соединения двигателя выполнены сварными, что обеспечивает их прочность и герметичность. В составе двигателя 11Д458Ф используются серийно выпускаемые ФГУП «НИИМаш» ЭК 26РТ200.00 (4). В конструкции двигателя 11Д458Ф применены стабилизаторы расхода МВСК60.410.00-02; (-03). Стабилизаторы расхода позволили сохранять расход компонентов топлива близким к номинальному в широком диапазоне изменения входного давления. Через каналы подвода компонентов топлива в корпусе головки компоненты топлива поступают на вход блока форсунок. Блок форсунок состоит из двух центробежных втулок "О" и "Г" установленных на одной оси в корпусе. После схода с сопел втулок в виде тонких пелён компоненты топлива перемешиваются в объёме камеры сгорания и преобразуются в продукты сгорания.

Двигатель разработан в 2006-2009 гг. Уровень отработки: литера «О».

Двигатель предназначен для используется в системе управления перелётного модуля по международной программе «Фобос-Грунт».

Соединение корпуса смесительной головки 3 и корпуса блока форсунок выполнено посредством пайки припоем ПЖК 1000, что обеспечивает прочность соединения и герметичное разделение каналов подачи компонентов топлива к форсуночному блоку, выполненных в смесительной головке.

Камера сгорания 2 состоит из сопла 1 изготовленного из жаропрочного сплава Н65В2МЦ с жаростойким силицидным покрытием и переходника изготовленного из стали 12Х18Н10Т-ВД.

Для исключения замерзания компонентов топлива в период молчания двигателя в его конструкцию введены электронагреватели, установленные на ЭК.

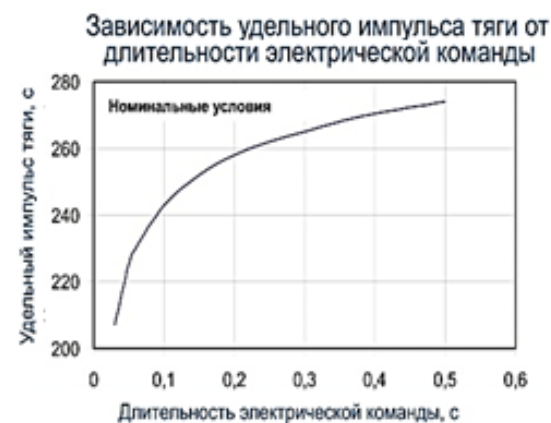
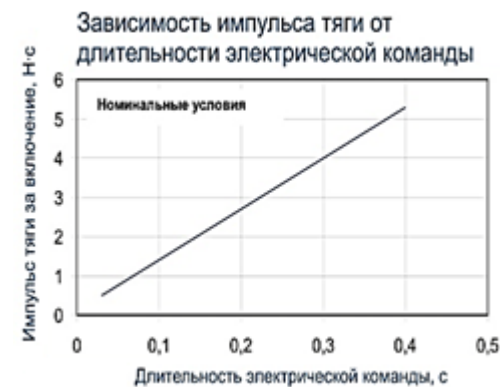
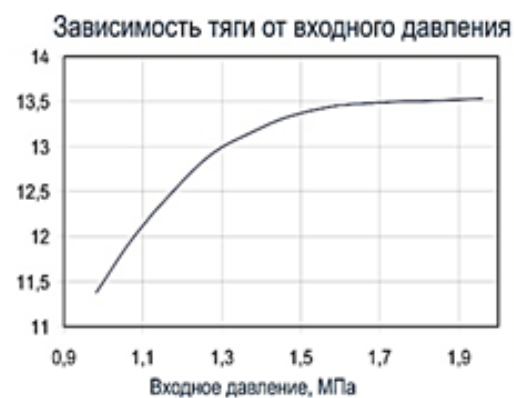
Для защиты кронштейна объекта от теплового потока, передаваемого излучением, с теплонапряжённых частей камеры сгорания в его конструкцию введён тепловой экран 11Д458Ф.650.00.

2.2.7 ЖРДМТ 17Д58Э

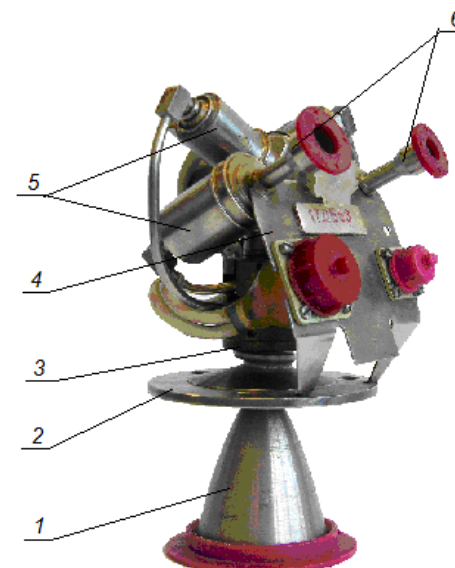
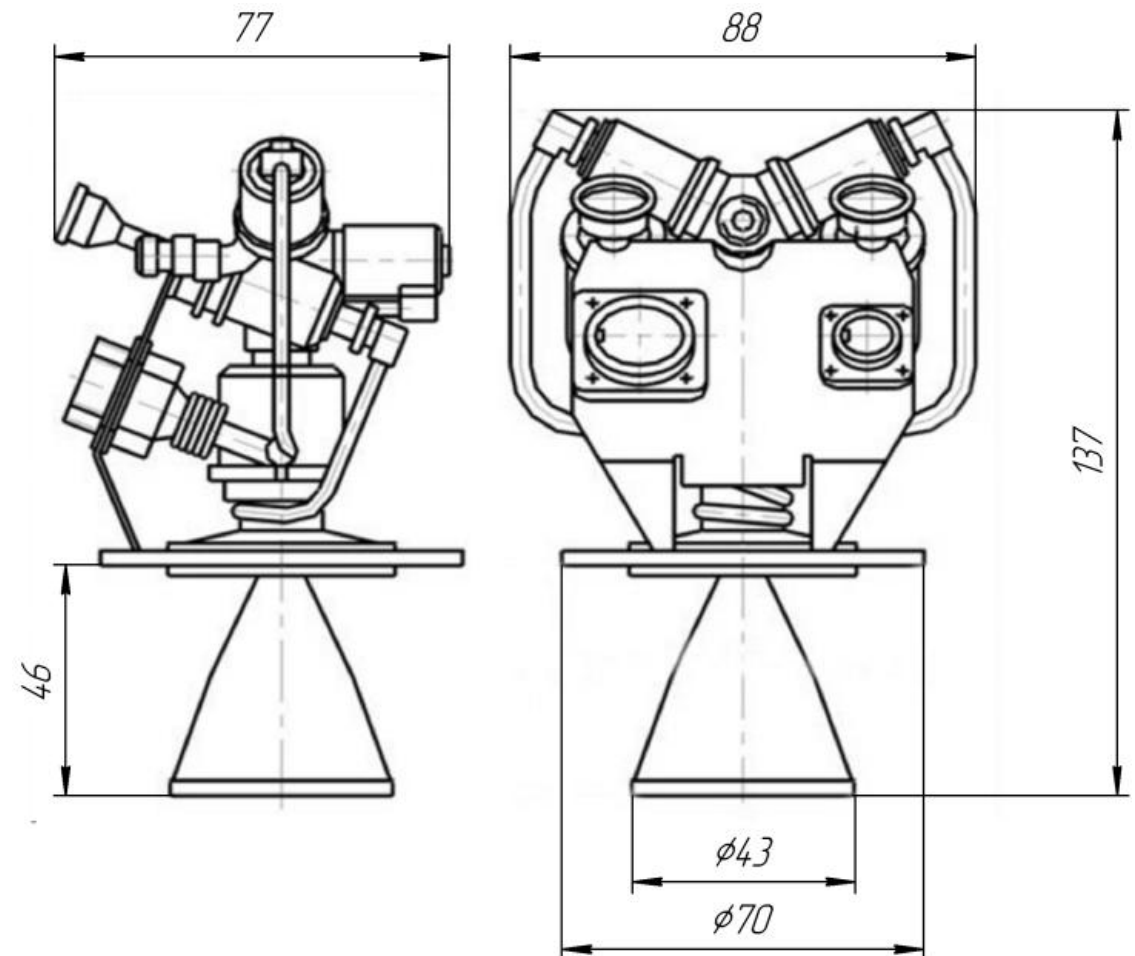
Ракетный двигатель малой тяги 17Д58Э предназначен для использования в ДУ ориентации и стабилизации КА, а также для управления РБ.

Параметры двигателя 17Д58Э

Компоненты топлива, горючее/окислитель	АТ-НДМГ
Номинальная тяга, Н	12,45
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2688
Номинальное давление на входе, МПа	1,18
Рабочее давление на входе, МПа	1,13...1,23
Ресурсные характеристики: -максимальное время огневой работы, с -максимальное количество включений	180000 450000
Геометрическая степень расширения сопла	50
Масса, кг, не более	0,550



Конструкция



Состав двигателя: 1 – сопло, 2 – фланец, 3 - смесительная головка, 4 – силовая пластина, 5 - электроклапаны, 6 - входные трубопроводы

Описание работы двигателя

Жидкостный ракетный двигатель 17Д58Э работает на самовоспламеняющемся ракетном топливе, состоящем из горючего НДМГ и окислителя АТ. В состав двигателя входят следующие основные узлы и агрегаты: камера сгорания, состоящая из смесительной головки 3, сопла 1 и фланца 2 крепления двигателя к объекту, электроклапаны окислителя и горючего 5, узлы настройки окислителя и горючего, коллектор окислителя и коллектор горючего, мост тепловой, пластина 4 с термометром, электронагреватель, установленный на головку камеры сгорания.

Базовым элементом конструкции двигателя является смесительная головка, включающая в себя корпус смесительной головки камеры с гнездами для установки электроклапанов и двухкомпонентную струйную форсунку.

Электроклапаны 12РТ.200.00 нормально-закрытого типа установлены в гнёзда корпуса смесительной головки по трактам окислителя и горючего, соединены с коллекторами окислителя и горючего соответственно. Коллекторы окислителя и горючего при соприкосновении с поверхностью камеры сгорания образуют систему регенеративного охлаждения камеры. К коллекторам приварены узлы настройки расхода окислителя и горючего.

Тепловой мост охватывает коллектора окислителя и горючего и часть камеры сгорания и предназначен для перераспределения температуры конструкции за счет теплопроводности с целью обеспечения работоспособности двигателя.

Двигатель разработан в 1981-1985 гг. Уровень отработки: литера «О».

Область применения двигателя: орбитальная станция «Алмаз», разгонный блок «Бриз», модуль дооснащения орбитальной станции «Мир» - «Квант-2», «Кристалл», «Спектр», «Природа», первый российский модуль «Заря» международной космической станции и верхняя ступень ракеты-носителя «Стрела».

Электронагреватель установлен на головку камеры сгорания. Электронагреватель обеспечивает тепловой режим двигателя и служит для подогрева головки камеры сгорания и электроклапанов по команде системы управления КА. ЭК служат для подачи и отсечки компонентов топлива, поступающего через каналы головки и форсунки в камеру по командам от системы управления КА.

Узлы настройки расхода окислителя и горючего одинаковы по конструкции и отличаются друг от друга размерами входных трубопроводов двигателя. При открытии ЭК узлы настройки обеспечивают повышенный пусковой расход компонентов топлива. Температура головки двигателя и ЭК контролируется термометром, установленным на пластину двигателя. При подаче напряжения на контакты электроклапанов по команде от системы управления КА электроклапаны открываются и компоненты топлива поступают через каналы форсунки в камеру сгорания, где происходит их смешение, самовоспламенение и горение. Продукты сгорания, истекая через сопло, создают тягу двигателя. Двигатель выключается снятием напряжения с контактов электроклапанов, при этом электроклапаны закрываются, отсекая доступ компонентов топлива в камеру сгорания. Двигатель в процессе изготовления настраивается на заданное соотношение компонентов топлива и не нуждается в регулировке.

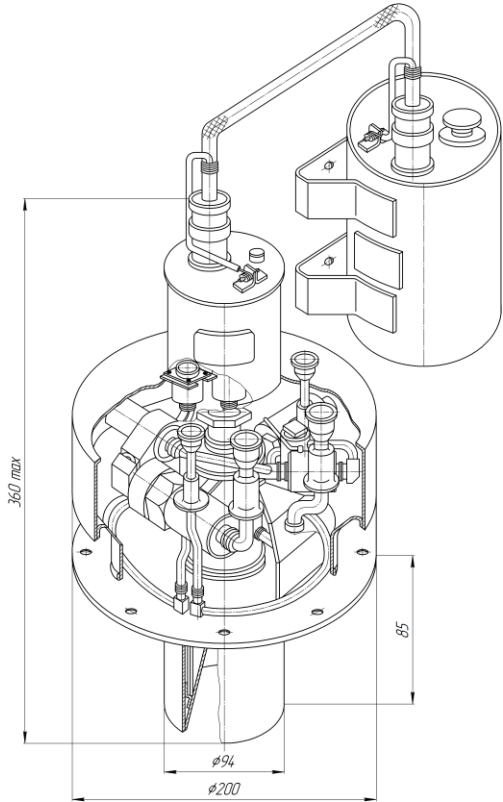
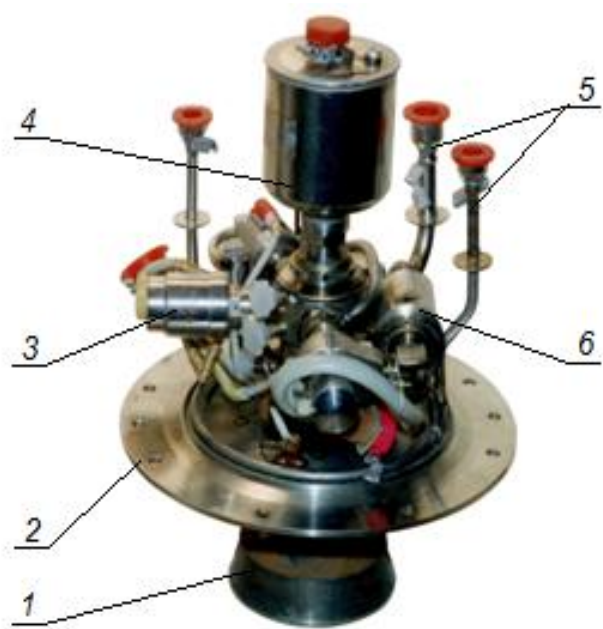
2.2.8 РДМТ 17Д16

Ракетный двигатель малой тяги 17Д16 предназначен для использования в ДУ ориентации и стабилизации КА. В двигателе используется экологически безопасное топливо.

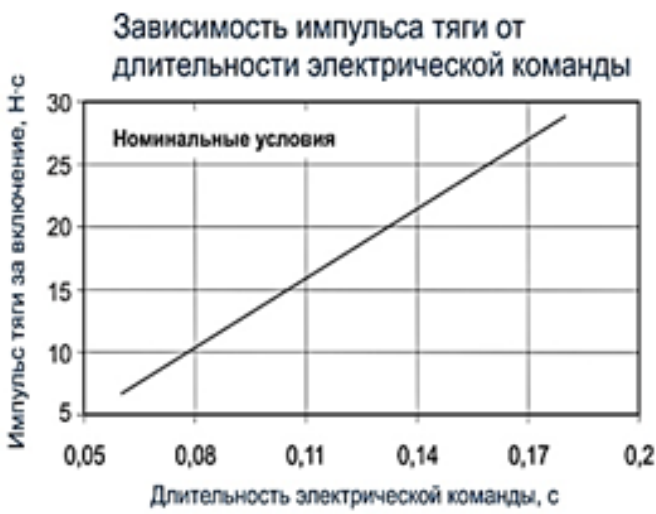
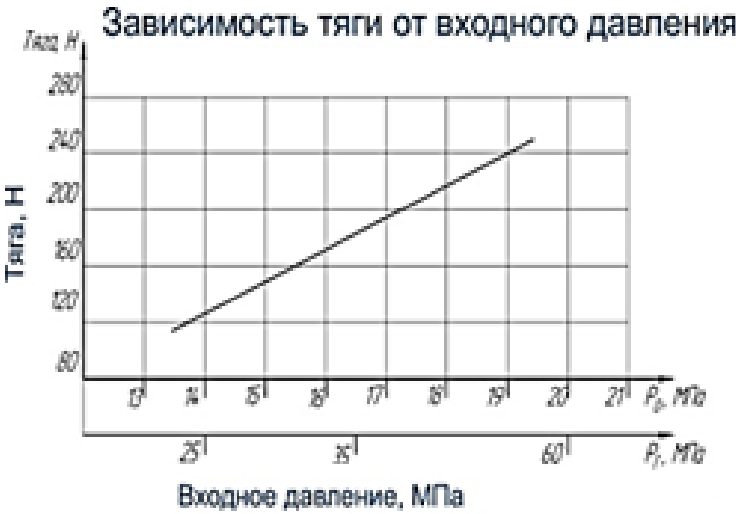
Параметры двигателя 17Д16

Компоненты топлива, горючее/окислитель	Керосин/O ₂ (генераторный газ)
Номинальная тяга, Н	190
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2400
Номинальное давление на входе, МПа - окислителя - горючего	3,5 1,65
Рабочее давление на входе, МПа - окислителя - горючего	2,6...6 1,4...2
Ресурсные характеристики: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	4600 25000
Геометрическая степень расширения сопла	53
Масса, кг	7

Конструкция



Состав двигателя:
1 - сопло, 2 - фланец, 3 - электроклапан «Г»,
4 - агрегат зажигания, 5 - входные
трубопроводы, 6 - электроклапан «О»



Описание работы двигателя

Ракетный двигатель малой тяги (двигатель) 17Д16 многократного действия и многоразового использования работает на несамовоспламеняющихся компонентах топлива «синтетическое углеводородное горючее (синтин) + газогенераторный газ (продукт газогенерации синтина и жидкого кислорода в соотношении 100:1)». Наземная экспериментальная отработка двигателя проведена на топливной композиции «синтин – кислород газообразный» с последующим подтверждением его работоспособности на штатных компонентах топлива. Технологические огневые испытания двигателя в земных условиях при межполётном обслуживании многоразового орбитального корабля выполняются на топливной композиции «спирт этиловый + кислород газообразный».

Двигатель состоит из камеры с фланцем крепления 2 к кронштейну объединённой двигательной установки орбитального корабля, стабилизатора расхода окислителя, электроклапанов горючего 3 и окислителя 6, агрегата зажигания 4, сигнализатора давления в камере, теплоизоляции сопла 1, системы терморегулирования двигателя, узла термометрирования.

Базовым элементом двигателя является камера, на которую установлены все агрегаты и узлы. Управление подачей горючего осуществляется унифицированным по отрасли, серийно изготавливаемым электроклапаном РТ.200.00-02. Для управления подачей окислителя разработан взрывобезопасный в среде газообразного кислорода высокого давления электроклапан 6РТ.200.00-03. На входе в электроклапан 6РТ.200.00-03 установлен стабилизатор расхода Э68.410.00, поддерживающий расход окислителя на номинальном уровне в диапазоне эксплуатационных входных давлений. По оси смесительной головки расположен высоковольтный блок агрегата зажигания КН11Б с электроэрозийной свечой, выходящей в полость воспламенителя камеры сгорания. Низковольтный блок агрегата зажигания КН11Б крепится в объединённой двигательной установке орбитального корабля и соединён с низковольтным блоком электрическим кабелем. Рабочий процесс в камере контролируется сигнализатором давления СДТ-5М.

Двигатель разработан в 1982-1986 гг. Уровень отработки: литера «О».

Двигатель 17Д16 был разработан для точной ориентации многоразового транспортного космического корабля «Буран».

Теплоизоляция сопла состоит из ЭВТИ и обеспечивает тепловую защиту обшивки орбитального корабля от горячей стенки сопла при работе двигателя и от аэродинамического нагрева сопла при спуске орбитального корабля с орбиты на землю. Система терморегулирования имеет гидравлические, сообщённые трубопроводы подвода и отвода охладителя и теплообменный тракты на фланце крепления двигателя и в зоне крепления электроклапанов к смесительной головке, предназначена для тепловой защиты обшивки корпуса орбитального корабля и электроклапанов двигателя от горячих элементов камеры сгорания. Узел термометрирования для контроля теплового состояния двигателя состоит из термометра ТП251 и элемента чувствительного ТЭП 018-05, установленных на кронштейне, который, в свою очередь, приваривается к корпусу головки камеры и фланцу крепления. Подключение датчиков узла термометрирования к системе управления орбитального корабля осуществляется через вилку электрического соединителя ОСРС10АТВ.

Процессы смесеобразования, горения и внутреннего охлаждения организуются путём подачи в камеру сгорания окислителя и горючего системой струйных и центробежных форсунок. Воспламенение компонентов топлива производится зажиганием пускового топлива в системе воспламенения электрической свечой агрегата зажигания. Тепловой режим двигателя во время работы поддерживается внутрикамерным распределением компонентов топлива, внутренним завесным и регенеративным охлаждением, а также системой терморегулирования, особенно необходимой для термостатирования конструкции в период «молчания» двигателя.

3 Электроклапаны ЖРДМТ [1, 2, 3, 4]

Электроклапаны используются для подачи компонентов топлива составе ЖРДМТ разработки ФГУП «ОКБ «Факел», «КБхиммаш им. А.М. Исаева»—филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ФГУП «НИИМаш» и ОАО «РКК «Энергия»

Электроклапаны разработки ФГУП «ОКБ «Факел»

В составе современных однокомпонентных ЖРДМТ разработки ФГУП «ОКБ «Факел» используются электроклапаны МЭК и МЭК-С.

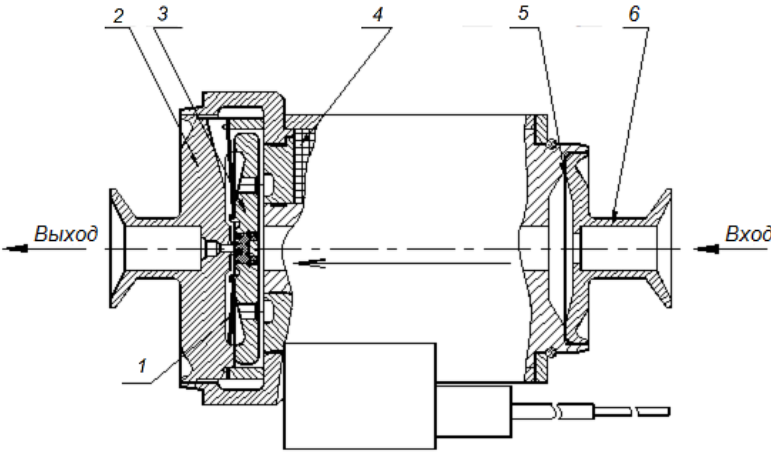
Параметры электроклатанов МЭК и МЭК-С

Параметр	МЭК	МЭК-С
Входное давление МПа (кгс/см ²)	0 – 2,9 (0 – 30)	0 – 1,57 (0 – 16)
Внешняя негерметичность (по гелию)	Не более 1,4.10 ⁻⁶ см ³ /с	
Негерметичность внутренняя (по гелию)	Не более 4.10 ⁻⁴ см ³ /с	
Напряжение, В открытие удержание	23 – 34 7,5 – 13	
Время срабатывания, мс	Не более 10	Не более 15.
Сопротивление обмотки, Ом	210 ± 5	92 ± 7
Ресурс по включениям	2.10 ⁵	10 ³
Масса, кг	0,05	
Условное проходное сечение, мм	0,5	1,3
Перепад давления при расходе воды 3 г/с, кгс/см ²	Не более 3	Не более 0,3
Срок активного существования, лет	15	
Стадия отработки	эксплуатация	

Конструкция клапанов МЭК и МЭК-С и идентична.

Серийное изделие, имеет литеру О₁ лётная эксплуатация.

Конструкция



-Конструкция ЭК МЭК и МЭК-С: 1 – мембрана, 2 – седло, 3 – якорь, 4 – катушка, 5 – фильтр, 6 – штуцер.



В закрытом состоянии клапан с фторопластовым уплотнением прижимается к седлу с помощью мембраны, чем и обеспечивается герметичность тракта. Якорь клапана приводится в действие электромагнитной катушкой. Открытие клапана осуществляется напряжением (23 – 34) В, после чего напряжение следует снизить до (7,5 – 13) В. На входе находится фильтр, задерживающий частицы более 20 мкм. Клапан имеет присоединительные штуцера под сварку.

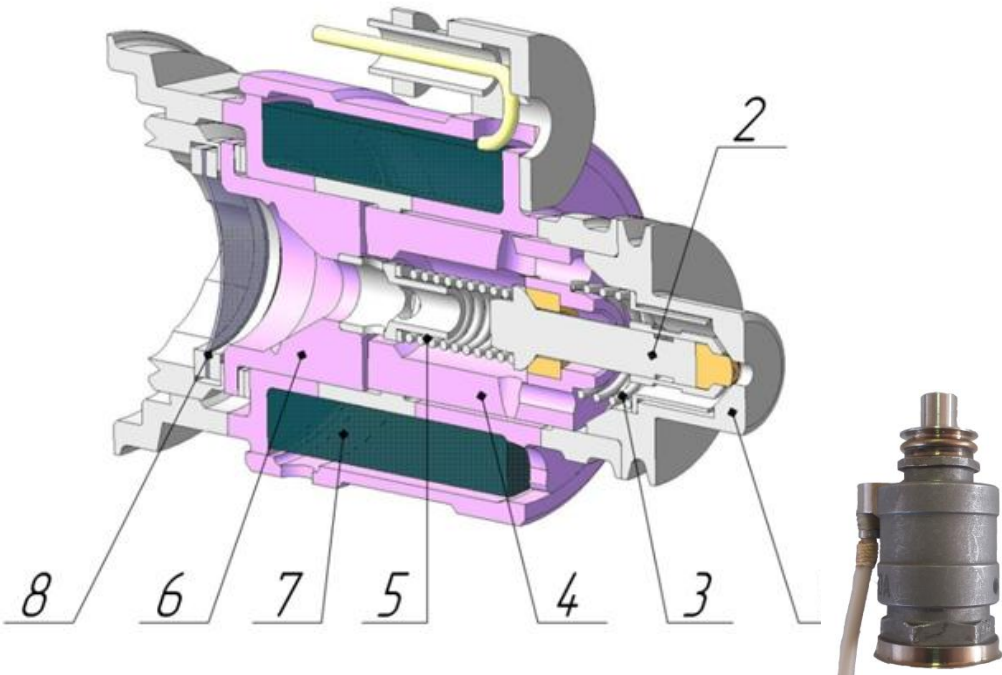
Электроклатан C5.629.0-0A

Клапан C5.629.0-0A предназначен для управления подачей рабочего тела (жидкости, газа) в изделие.

Параметры электроклатана C5.629.0-0A

Параметр	Значение
Минимальная пауза между включениями, с	0,03
Время открытия клапана не более, с	0,019
Время закрытия клапана не более, с	0,019
Рабочее давление max кгс/см ²	40
Масса клапана не более, кг	0,12
Габаритные размеры, мм	Ø 17×55,5
Напряжение питания постоянного тока, В	(27 ^{+7,0} _{-5,5})
Ток, потребляемый клапаном, А	(0,3 ^{+0,18} _{-0,14})

Конструкция



Клапан относится к двухпозиционному, двухлинейному распределителю нормально закрытого типа с приводом от электромагнита. Клапан состоит из электромагнита 7, седла 1, клапана 2, пружин 3 и 5, якоря 4, стопа 6 и фильтра 8.

В исходном закрытом положении клапан 2 поджимается к седлу 1 разностью усилий пружин 3 и 5 и усилием от давления рабочего тела на клапан. Открытие осуществляется подачей напряжения на обмотку электромагнита 7, при этом якорь 4, преодолевая усилие пружины 5 и усилие от давления рабочего тела, притягивается к стопу 6 и клапан 2 отходит от седла 1. После снятия напряжения с электромагнита клапан под действием разности усилий пружин 3 и 5 закрывается.

Серийное изделие, имеет литеру О₁ лётная эксплуатация.

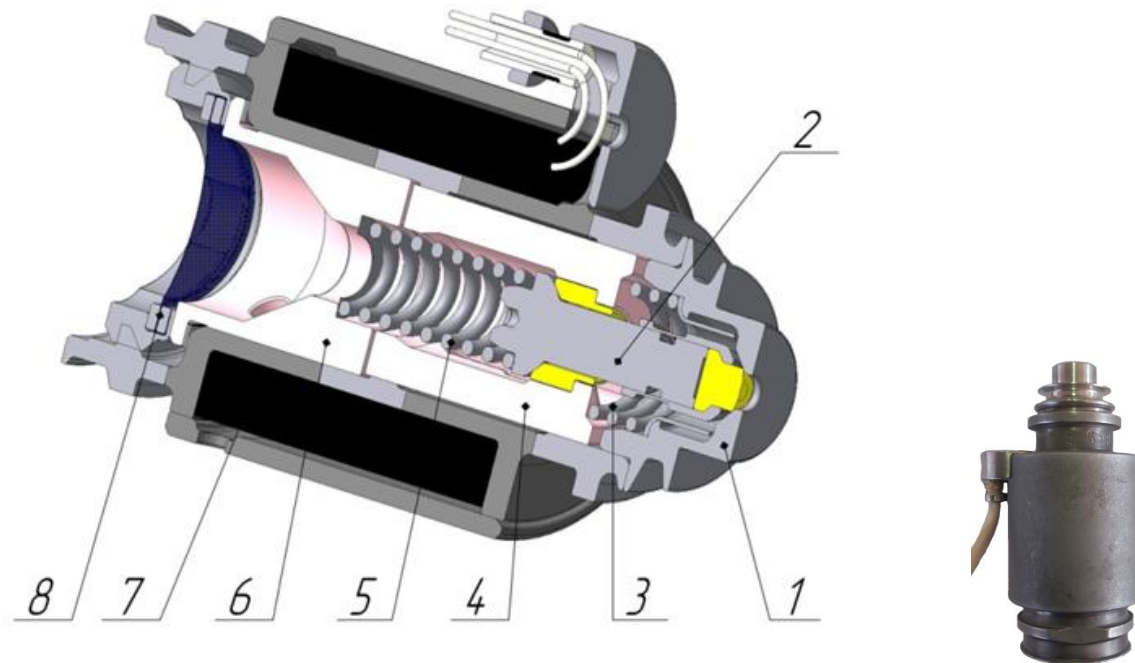
Электроклапан С5.618М.0-0А

Клапан С5.618М.0-0А предназначен для управления подачей рабочего тела (жидкости, газа) в изделие.

Параметры электроклапана С5.618М.0-0А

Параметр	Значение
Минимальная пауза между включениями, с	0,03
Время открытия клапана не более, с	0,019
Время закрытия клапана не более, с	0,019
Рабочее давление max кгс/см ²	50
Масса клапана не более, кг	0,24
Габариты, мм	Ø 33 x 63,5
Напряжение питания постоянного тока, В	$(27^{+7,0}_{-5,5})$
Ток, потребляемый клапаном, А	$(0,3^{+0,18}_{-0,14})$

Конструкция



Клапан относится к двухпозиционному, двухлинейному распределителю нормально закрытого типа с приводом от электромагнита. Клапан состоит из электромагнита 7, седла 1, клапана 2, пружин 3 и 5, якоря 4, стопа 6 и фильтра 8.

В исходном закрытом положении клапан 2 поджимается к седлу 1 разностью усилий пружин 3 и 5 и усилием от давления рабочего тела на клапан. Открытие осуществляется подачей напряжения на обмотку электромагнита 7, при этом якорь 4, преодолевая усилие пружины 5 и усилие от давления рабочего тела, притягивается к стопу 6 и клапан 2 отходит от седла 1. После снятия напряжения с электромагнита клапан под действием разности усилий пружин 3 и 5 закрывается.

Серийное изделие, имеет литеру О₁ лётная эксплуатация.

Электроклапаны разработки ФГУП «НИИ машиностроения»

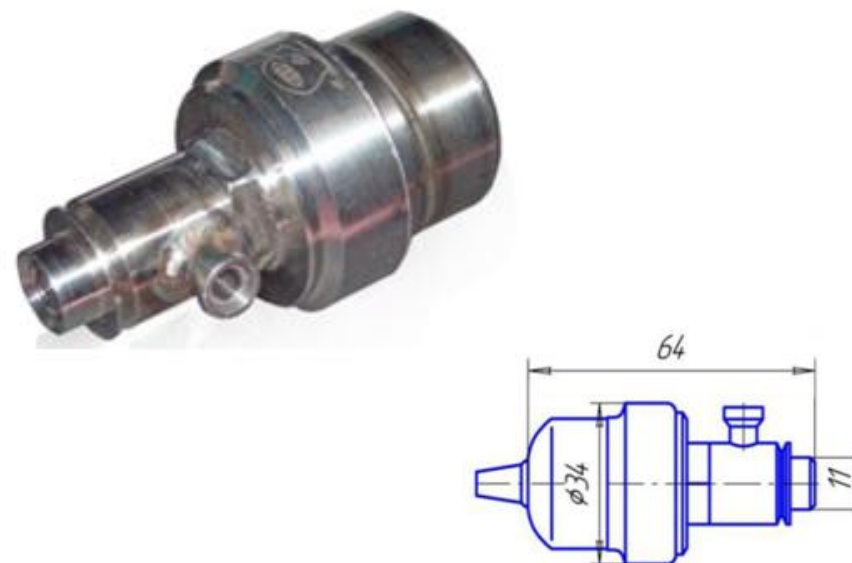
Электроклапан 11Д428.200.00-04

Электрожидкостный клапан (ЭЖК) предназначен для подачи жидких компонентов топлива.

Параметры электроклапана ЭЖК 11Д428.200.00-04

Параметр	Значение
Условный проходной диаметр, мм	1,6
Расход воды, г/с / гидравлическое сопротивление, МПа	22,5/не более 0,2
Давление на входе, МПа, не более	2,45
Напряжение питания постоянного тока, В	21...34
Токопотребление при U=34 В, T=20 С, А, не более	0,36
Время открытия/закрытия, с, не более	0,035/0,025
Гарантированный ресурс, вкл.	505000
Масса, кг, не более	0,200

Конструкция



ЭЖК 11Д428.200.00-04 является одноступенчатым клапаном многократного срабатывания нормально-закрытого типа с фторопластовым уплотнением и предназначен для дистанционного управления потоками жидких и газообразных рабочих тел (АТ, НДМГ, вода, спирт, хладон, воздух, азот, гелий, аргон). ЭЖК представляет собой устройство, состоящее из электромагнита и механических исполнительных органов. Открытие ЭЖК происходит путем подачи напряжения на обмотку электромагнита: якорь, преодолевая усилие пружин, притягивается к электромагниту, перемещая шток, вместе со штоком на величину хода клапана перемещается запрессованный в него запорный орган (фторопластовый вкладыш). Закрытие ЭЖК производится путем снятия напряжения с электромагнита: якорь под действием пружины отходит от электромагнита, перемещая шток, и шток прилегает фторопластовым вкладышем к седлу.

Уровень отработки: литера «О₁», лётная эксплуатация.

Электроклапан типа 6РТ.200.00

Электроклапаны предназначены для подачи жидких и газообразных компонентов топлива.

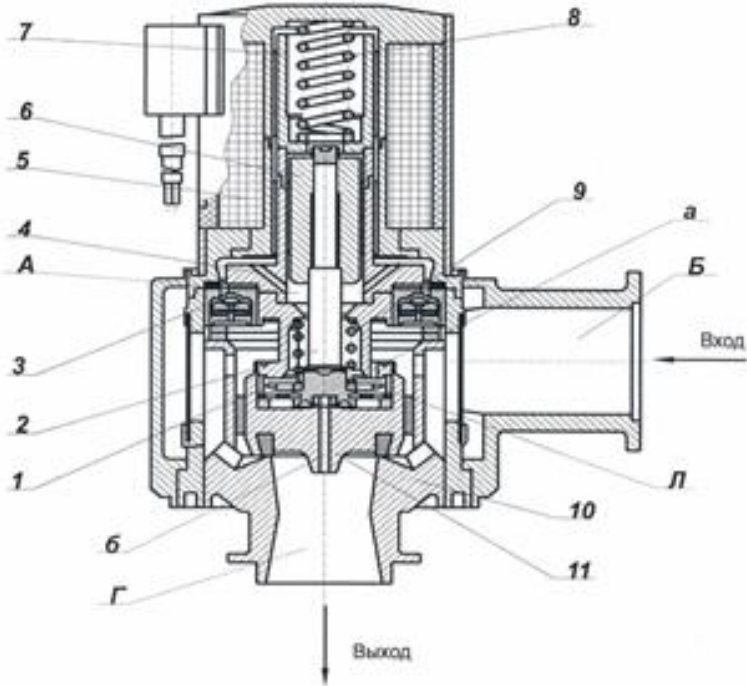
Параметры электроклаталана типа 6РТ.200.

Параметр	Значение			
Вариант исполнения	6РТ.200.00	6РТ.200.00-01	6РТ.200.00-02	6РТ.200.00-03
Условный проходной диаметр, мм	5,2	2,5	2,0	5,2
Расход, г/с / идравлическое сопротивление, МПа (рабочее тело)	500 / не более 0,343 (вода)	80 / не более 0,245 (вода)	25 / не более 0,245 (вода)	55 / не более 0,245 (воздух)
Давление на входе, МПа, не более	3,43	3,43	3,43	5,88
Напряжение питания постоянного тока, В	20...36	20...36	20...36	20...36
Токопотребление при U=36 В, T=20 С, А, не более	0,17	0,17	0,17	0,17
Время открытия / закрытия, с, не более	0,025 / 0,020	0,025 / 0,020	0,025 / 0,020	0,025 / 0,020
Гарантированный ресурс, вкл.	500 000	500 000	500 000	500 000
Масса, кг, не более	0,160	0,160	0,160	0,160

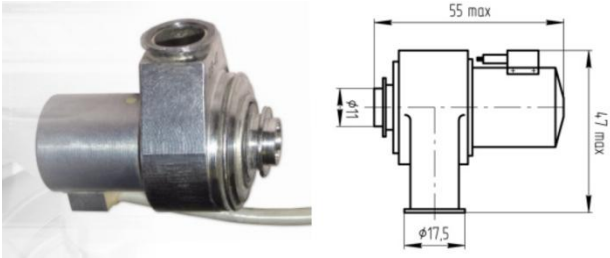
Минимальный перепад реализуемый на клапане, при котором он срабатывает – 0,1 МПа.
 Герметичность через запорную пару гарантируется для входных давлений не менее 1 МПа.

Электроклапаны типа 6РТ.200 являются двухступенчатыми клапанами многократного срабатывания нормально-закрытого типа с фторопластовым уплотнением и предназначены для дистанционного управления потоками жидких и газообразных рабочих тел (АТ, НДМГ, кислород газообразный, сжиженный природный газ, вода, спирт, хладон, воздух, азот, гелий, аргон). Отличие по вариантам, в частности -00 и -03 от -01, заключается в величине условного проходного сечения. ЭК 6РТ.200.00 - клапан многократного срабатывания нормально закрытого типа. Он имеет два клапанных узла: основной и вспомогательный, входную "Б", выходную "Г" и управляющую "А" полости, загрузочный "а" и перепускной "б" каналы. Входная и управляющая полости разделяются фторопластовой манжетой 3. Уплотнение в запорных парах - "фторопласт по металлу" (кроме пары "Л", где уплотнение - "металл по металлу"). При обесточенном ЭМ 5 клапан закрыт, входная и управляющие полости заполнены рабочим телом, тарель 11 и шток 2 под действием пружин 8 и 9 и давления рабочего тела поджаты к седлу 10 и тарели 11, соответственно, загрузочный канал "а" открыт, перепускной канал "б" - закрыт.

Конструкция



Электроклапан 6РТ.200.00: 1-золотник, 2-шток, 3-манжета, 4-поршень, 5-электромагнит, 6-якорь



После подачи напряжения питания постоянного тока на обмотку ЭМ якорь 6 притягивается к стопу 7, перемещая шток 2 и золотник 1, а загрузочный канал "а" перекрывается, отсекая управляющую полость "А" от входной "Б", и открывается перепускной канал "б", сообщая управляющую полость с выходной. Давление в управляющей полости уменьшается, и за счет реализующейся разности давлений во входной и управляющей полостях поршень 4 со стопом 7 двигается, открывая основной клапан. При снятии напряжения питания шток 2 под действием пружины 9 закрывает перепускной канал "б" и открывает загрузочный канал "а". Давление рабочего тела в управляющей и входной полостях выравнивается, и под действием пружины 9 основной клапан закрывается.

Уровень отработки: литера «О», лётная эксплуатация.

Электроклапан типа РТ.200.00

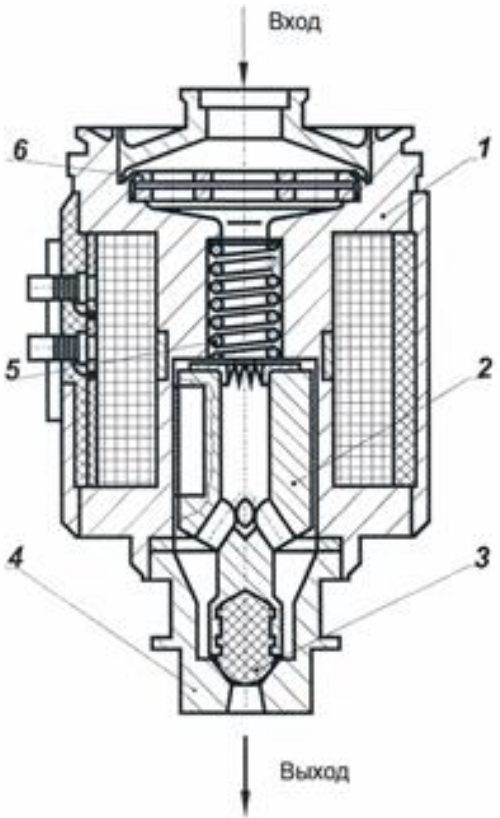
Электроклапаны предназначены для подачи жидких компонентов топлива.

Параметры электроклапанов типа РТ.200.00 00

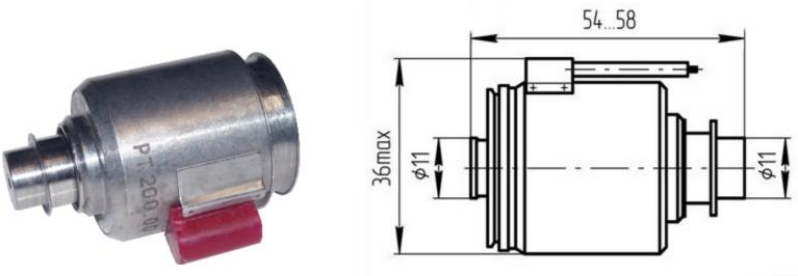
Параметр	Значение	
Вариант исполнения	РТ.200.00-01	РТ.200.00-02; -03
Условный проходной диаметр, мм	2,2	1,8
Расход, г/с / гидравлическое сопротивление, МПа	80 / не более 0,343	22 / не более 0,147
Давление на входе, МПа, не более	2,94	2,94
Напряжение питания постоянного тока, В	21...34	21...34
Токопотребление при U=34 В, T=20 С, А, не более	0,74	0,45
Время открытия / закрытия, с, не более	0,030 / 0,025	0,030 / 0,025
Гарантированный ресурс, вкл.	60 000	310 000
Масса, кг, не более	0,180	0,180

Открытие клапана осуществляется путем подачи напряжения питания постоянного тока на катушку ЭМ 1; якорь 2 совместно с термозапрессованным в него фторопластовым вкладышем 3, преодолевая усилие пружины 5 и усилие, создаваемое перепадом давления рабочего тела, перемещается на величину хода клапана и удерживается в этом положении за счет электромагнитной силы (силы тяги) ЭМ, открывая тем самым доступ рабочему телу к выходному каналу седла 4 - клапан открыт. Клапан закрывается после обесточивания ЭМ. Электромагнитная сила исчезает, а якорь под действием усилия пружины возвращается в исходное положение и перекрывает фторопластовым вкладышем выходной канал седла - клапан закрыт.

Конструкция



Электроклапан РТ.200.00: 1-электромагнит, 2-якорь, 3-фторопластовый вкладыш, 4-седло, 5-пружина, 6-фильтр



Уровень отработки: литера «О₁», лётная эксплуатация.

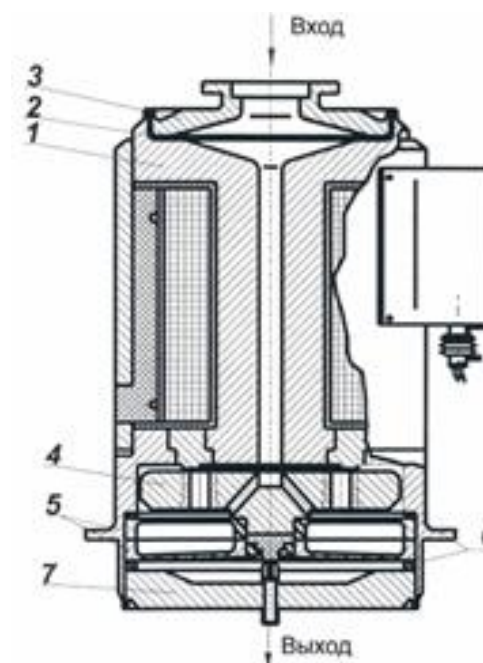
Электроклапаны типа 12РТ.200

Электроклапаны предназначены для подачи жидких компонентов топлива.

Параметры электроклапанов типа 12РТ.200

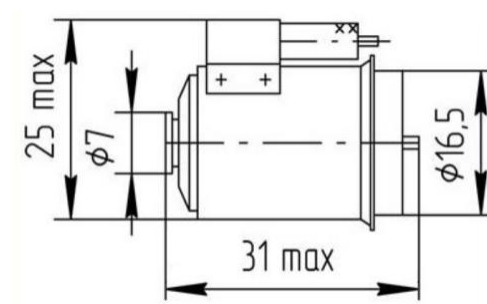
Параметр	Значение	
Вариант исполнения	12РТ.200.00	12РТ.200.00-01
Условный проходной диаметр, мм	0,6	0,7
Расход, г/с / гидравлическое сопротивление, МПа	2,43 / не более 0,127	2,43 / не более 0,039
Давление на входе, МПа, не более	3,43	3,43
Напряжение питания постоянного тока, В	20...34	20...34
Токопотребление при U=34 В, T=20 С, А, не более	0,08	0,22
Время открытия / закрытия, с, не более	0,015 / 0,013	0,015 / 0,013
Гарантированный ресурс, вкл.	500 000	500 000
Масса, кг, не более	0,040	0,040

Конструкция



Электроклапан 12РТ.200.00: 1-электромагнит, 2-сетка фильтрующая, 3-крышка, 4-якорь с уплотняющим элементом, 5-пружина, 6-кольца регулировочные, 7-кольцо

Электроклапаны типа 12РТ.200 предназначены для дистанционного управления потоками жидких и газообразных рабочих тел (АТ, НДМГ, вода, спирт, хладон, воздух, азот, гелий, аргон). ЭК 12РТ.200.00-01 (Рис. 8) является клапаном многократного срабатывания нормально закрытого типа с внешним притягивающимся якорем. Он срабатывает путем подачи напряжения питания постоянного тока на обмотку ЭМ 1. Тогда якорь 4, преодолевая усилие пружин 5, притягивается к ЭМ; вместе с якорем перемещается термозапрессованный в него запорный элемент (фторопластовый вкладыш) - клапан открыт. Закрытие клапана производится обесточиванием ЭМ 1; якорь 4 под действием пружин 5 перемещается и перекрывает выходной канал седла 7 - клапан



Уровень отработки: литера «О», лётная эксплуатация.

Электрoкoлaпaн 26PT.200

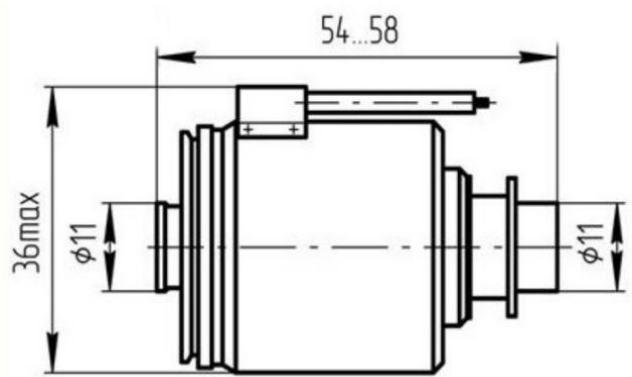
Электрoкoлaпaн пpeднaзнaчeн для пoдaчи жидких кoмпoнeнтoв тoпливa.

Пaрaмeтpы элeктpоклaпaнa 26PT.200

Пaрaмeтp	Значение
Условный проходной диаметр, мм	2,8
Расход, г/с / гидравлическое сопротивление, МПа	71 / не более 0,09
Давление на входе, МПа, не более	3,0
Напряжение питания постоянного тока, В	22...34
Токопотребление при U=34 В, T=20 С, А, не более	0,74
Время открытия / закрытия, с, не более	0,030 / 0,025
Гарантированный ресурс, вкл.	30 000
Масса, кг, не более	0,180

26PT.200 является одноступенчатым клапаном многократного срабатывания нормально-закрытого типа с фторопластовым уплотнением и предназначен для дистанционного управления потоками жидких и газообразных рабочих тел (АТ, НДМГ, керосин, вода, спирт, хладон, воздух, азот, гелий, аргон). Открытие клапана происходит путем подачи напряжения на его обмотку: якорь, преодолевая усилие пружины, притягивается к электромагниту, вместе с якорем на величину хода клапана перемещается запрессованный в него запорный элемент (фторопластовый вкладыш). Закрытие электроклапана происходит путем снятия напряжения с электромагнита: якорь под действием пружин отходит от электромагнита и прилегает фторопластовым вкладышем к седлу.

Конструкция



Уровeнь oтpaбoтки: литеpa «O», лётная эксплуатация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обеспечение выполнения требования п. 2.3.8.7 Технического задания на НИР «Двигатель» на этапе 8.16 НИР ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» в кооперации со специализированными КБ отрасли систематизированы данные и разработан атлас конструкций и характеристик современных ЖРДМТ.

Разработка ЖРДМТ для управления КА и РБ осуществляется следующими предприятиями отрасли: ФГУП «ОКБ «Факел», «КБхиммаш им. А.М. Исаева» - филиал ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ФГУП «НИИМаш», ОАО «РКК «Энергия».

В атласе представлена номенклатура созданных в разрабатываемых в отрасли и ЖРДМТ, в т.ч.:

- ЖРДМТ на однокомпонентном топливе гидразин тягой от 0,1 Н до 50 Н;
- ЖРДМТ на двухкомпонентном топливе АТ-НДМГ тягой от 6 Н до 600 Н;
- ЖРДМТ на топливе «газообразный кислород-углеводородное горючее тягой 190 Н;
- ЖРДМТ на однокомпонентном топливе «высококонцентрированная перекись водорода» тягой 76,5 и 152 Н.

Материалы атласа будут использованы для анализа перспектив развития конструкций и характеристик современных ЖРДМТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Систематизация данных и разработка электронных версий общих видов и характеристик ЖРД МТ для отраслевого атласа конструкций. НТО инв. № 6292ДСП.
- 2 Систематизация данных и разработка электронных версий общих видов и характеристик ЖРДМТ ОКБ «Факел» для отраслевого атласа конструкций.: Отчет/ОКБ «Факел»; Исполн.: Нестеренко А.Н., Андреев И.Я., Каташов А.В. – Инв. №38696с/п – 2014
- 3 Систематизация данных и разработка электронных версий общих видов и характеристик ЖРДМТ КБХМ для отраслевого атласа конструкций.: Отчет/КБХМ; Исполн.: Плечев А.Н., Жигалов А.Е., Пегин И.В. – Инв. №38975с/п – 2014
- 4 Систематизация данных и разработка электронных версий общих видов и характеристик ЖРДМТ НИИМаш для отраслевого атласа конструкций.: Отчет/НИИМаш; Исполн.: Архипов Ю.С., Кайгородцев А.Ю., Шеронов А.А. Инв. №39631в – 2014
- 5 Систематизация данных и разработка электронных версий общих видов и характеристик ЖРД МТ ОАО «РКК «Энергия».: Отчет/РКК «Энергия»; Исполн.: Сулягин Е.В., Перов А.А., Лисицин Е.А. – Инв. № 39565в 2014