

РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ МАЛОЙ ТЯГИ

МИКРОДВИГАТЕЛИ — МАКРОВОЗМОЖНОСТИ

► Создание высоконадежных двигателей малой тяги для ориентации и стабилизации долговременных орбитальных станций «Салют», «Алмаз», «Мир» и МКС в течение почти 65 лет является уникальной специализацией АО «НИИМаш».

► Показателем успеха деятельности АО «НИИМаш» является безотказная эксплуатация более 30 типов двигателей, разработанных для КА различного назначения. Более 16000 изготовленных нами РДМТ обеспечили выполнение программ полета около 1200 космических аппаратов с реальными сроками активного существования до 15 лет.





Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

К началу 2023 года 4248 двигателей указанного типа обеспечили успешное выполнение полетов транспортных кораблей «Союз-ТМ», «Союз-МС», «Прогресс-МС». Двигатель эксплуатируется в служебном модуле «Звезда» Международной космической станции.

Особенности конструкции

Сопло из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким силицидным покрытием.

Уровень отработки

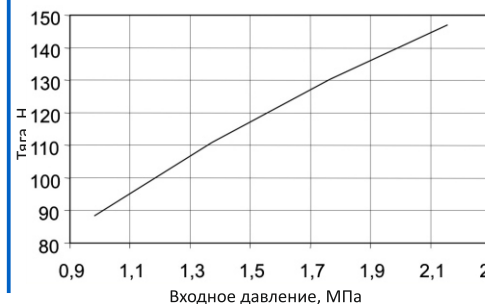
Литера «О1». Регулярная летная эксплуатация в составе 6 КА в год.

Поставки заказчиком

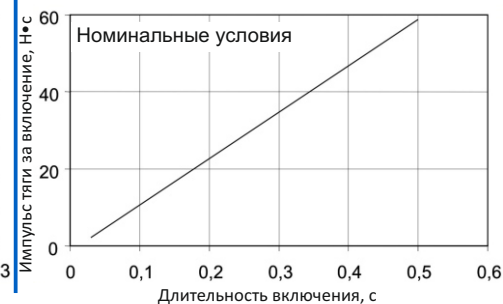
Последняя поставка в 2023 году.

Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
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:	
- суммарное время огневой работы, с	20000
- суммарное количество включений	40000
Геометрическая степень расширения сопла	53
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9985
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	1,5

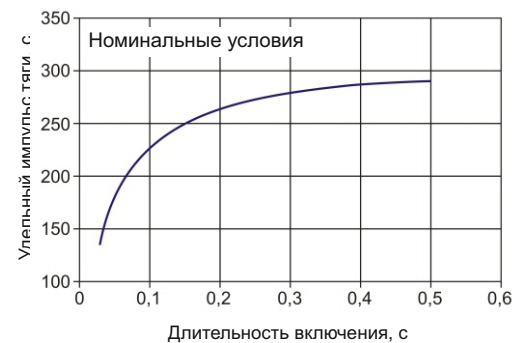
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Объекты применения



Транспортный корабль «Союз-МС»



Транспортный корабль «Прогресс-МС»



Транспортные корабли «Союз-МС» и «Прогресс-МС»



Служебный модуль «Звезда» в составе МКС



Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

Двигательная установка возвращаемого аппарата по международной программе «Фобос-грунт»

Особенности конструкции

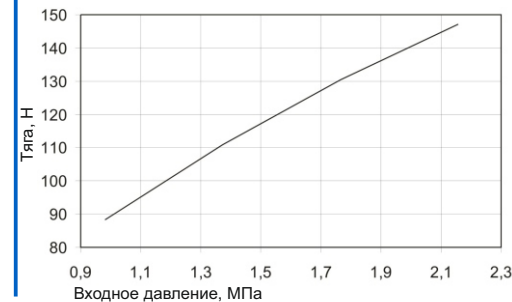
Сопло из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким силицидным покрытием.

Уровень отработки

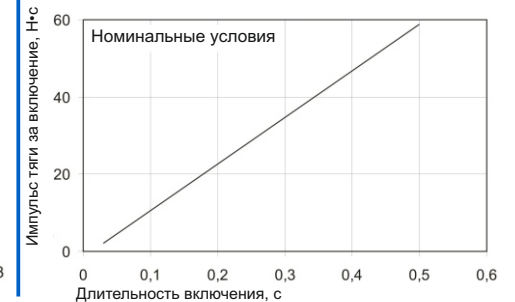
Литера «О». Последняя поставка в 2008 г.

Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	124,56
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2966,5
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	1,37...1,57
Ресурсные характеристики: - суммарное время огневой работы, с - суммарное количество включений	20 000 40 000
Геометрическая степень расширения сопла	157
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9990
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	1,9

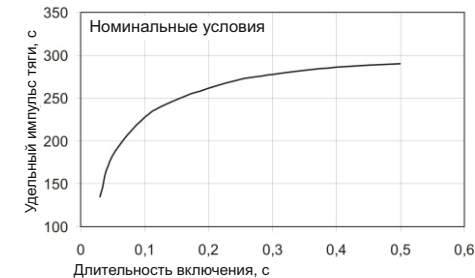
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



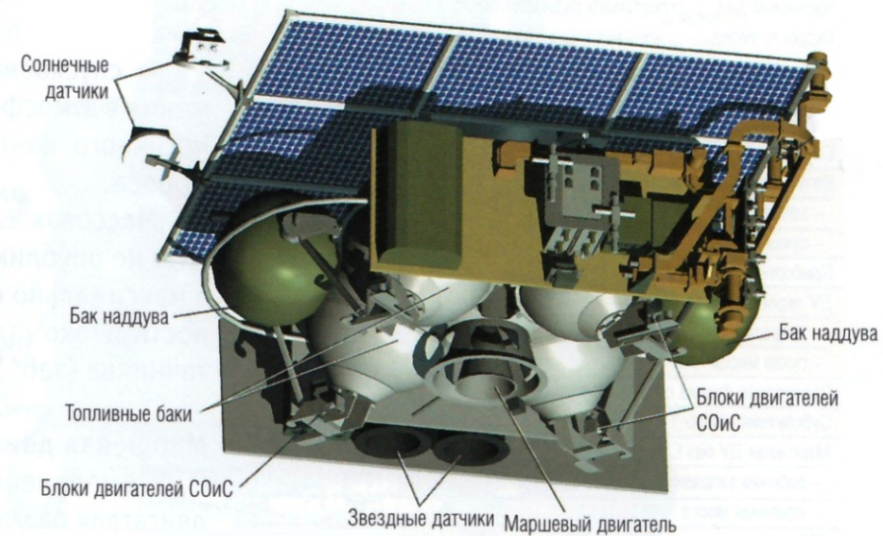
Объект применения



Перелетный модуль космического аппарата «Фобос-Грунт»



Двигательная установка возвращаемого аппарата «Фобос-Грунт»



Возвращаемый аппарат «Фобос-Грунт»



Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

К началу 2023 года 1912 двигателей этого типа эксплуатировались в составе орбитальной станции «Алмаз», разгонных блоков «Бриз», «Бриз-М», «Бриз-К», модулей дооснащения орбитальной станции «Мир»: «Квант-2», «Кристалл», «Спектр», «Природа», эксплуатируются в составе первого российского модуля «Заря» международной космической станции и верхней ступени РН «Стрела», КА «Кондор ФКА», АМ «Ангара 1,2», МЛМ «Наука», РБ «Бриз-М» с РН «Ангара-5А».

Уровень отработки

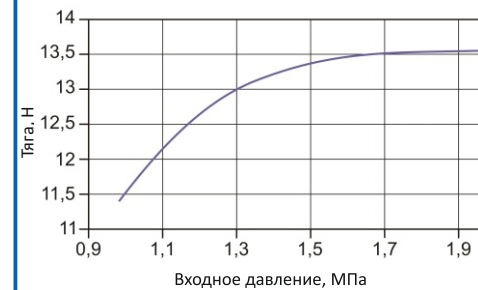
Литера «О». Летная эксплуатация.

Поставки заказчикам

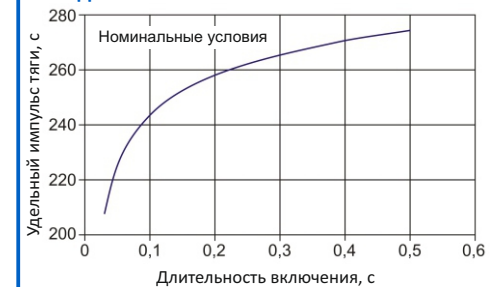
Последняя поставка в 2023 году.

Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	13,3
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2688
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Давление топлива на входе, МПа	0,78...3,43
Ресурсные характеристики:	
- максимальное время огневой работы, с	180 000
- максимальное количество включений	450 000
Геометрическая степень расширения сопла	137
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9958
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	0,550

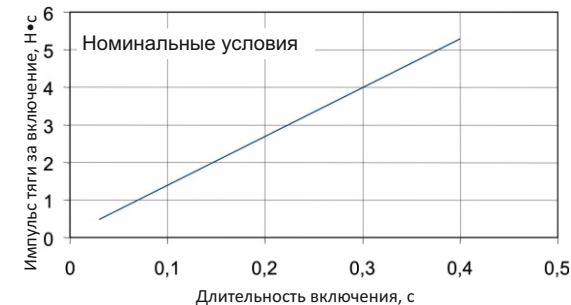
Зависимость тяги от входного давления



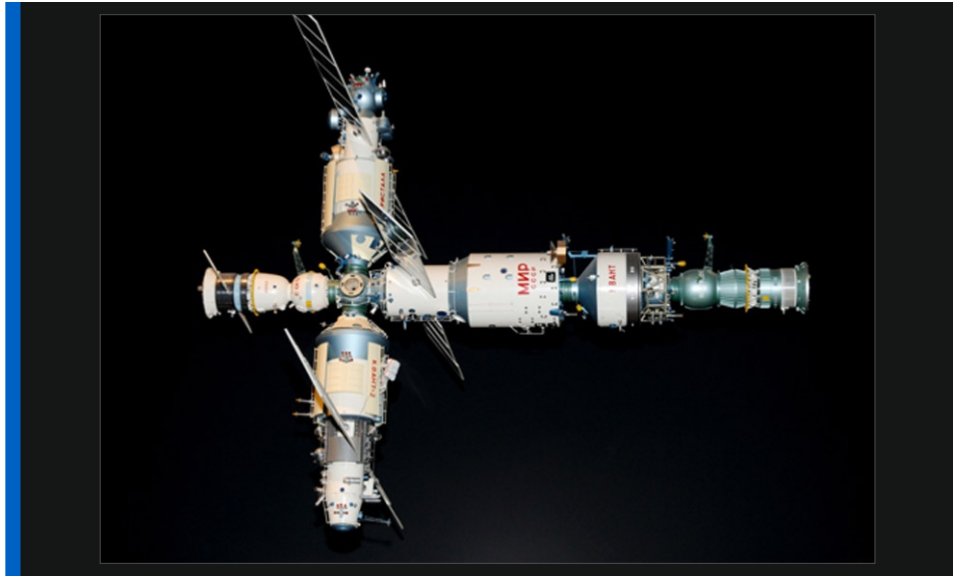
Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Объекты применения



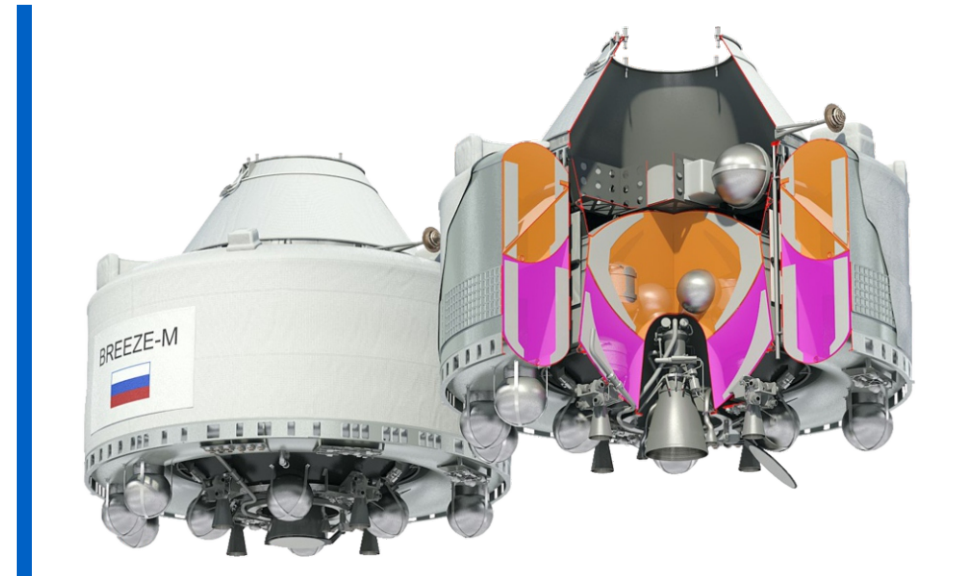
Орбитальная станция «Мир» с модулями «Квант-2» и «Кристалл»



Орбитальная станция «Алмаз»



Российский модуль «Заря» Международной космической станции



Разгонный блок «Бриз-М»



Характеристики двигателя 17Д58ЭФ

Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	13,3
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2688
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	0,98...1,80
Ресурсные характеристики: - суммарное время огневой работы, с - суммарное количество включений	20 000 100 000
Геометрическая степень расширения сопла	137
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9958
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг	0,550

Функция

Создание управляющих воздействий при стабилизации и ориентации космического аппарата.

Применение

Перелётный модуль КА «Фобос-Грунт», КА «Луна-Ресурс 1» (ОА)

Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация в 2011 г. Последняя поставка в 2017 г.



Космический аппарат «Фобос-Грунт»

Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

К началу 2023 г. 344 двигателя этого типа эксплуатировались в составе разгонного блока "Бриз-М" с РН "Протон-М" и "Ангара-А5", в агрегатном модуле "Ангара-1,2", КА "Луна-Ресурс1" (ОА). Первая партия двигателей поставлена в 2005 г.

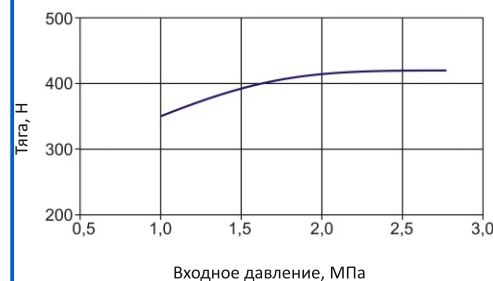
Особенности конструкции

- ▶ высокий удельный импульс тяги;
- ▶ сопло из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким силицидным покрытием;
- ▶ наличие стабилизаторов расхода, которые при изменении давления на входе в широком рабочем диапазоне обеспечивают постоянный расход компонентов топлива.



Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	392
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2989
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	1,27...1,97
Ресурсные характеристики: - суммарное время огневой работы, с - суммарное количество включений	1000 10 000
Геометрическая степень расширения сопла	100
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9955
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	3,0

Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



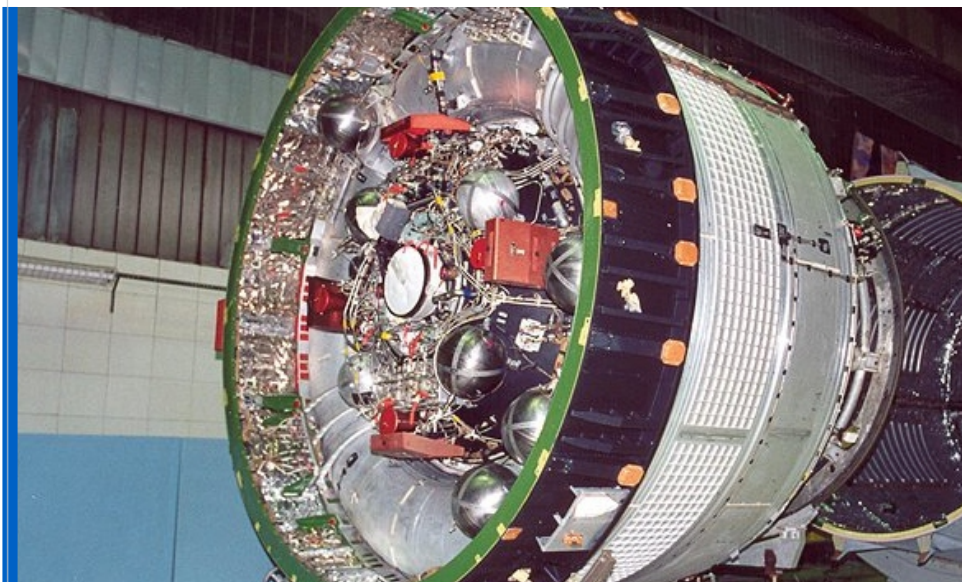
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация.

Поставки заказчиком

Последняя поставка в 2023 году.

Объекты применения



Ракета-носитель «Протон-М»



Разгонный блок «Бриз-М»



Ракета-носитель «Ангара-А5»



Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

К началу 2023 г. 378 двигателей этого типа эксплуатировались на орбитальных станциях «Алмаз» и «Мир» (модули «Квант», «Кристалл», «Спектр», «Природа»), модуле «Заря» Международной космической станции и разгонном блоке «Бриз», КА «Наука», «Рокот-М».

Уровень отработки

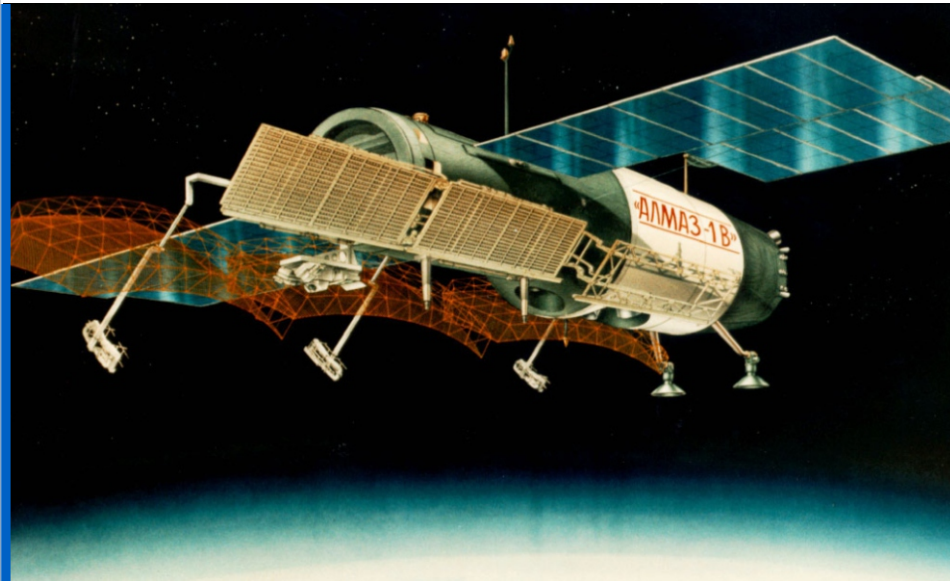
Литера «О». Летная эксплуатация.

Поставки заказчикам

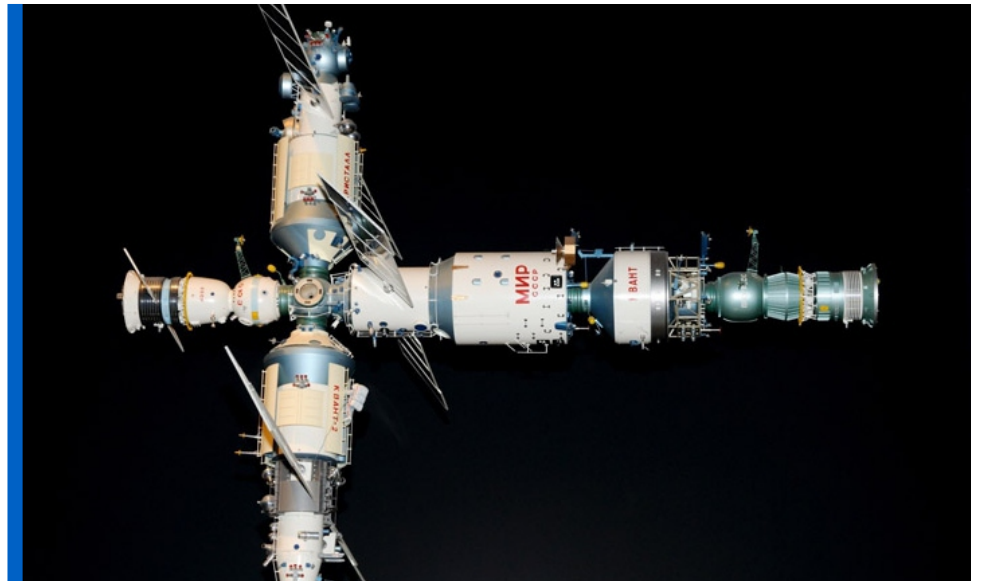
Последняя поставка в 2023 году.

Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	392
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2472
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	1,00...2,00
Ресурсные характеристики: - суммарное время огневой работы, с - суммарное количество включений	10 000 33 000
Геометрическая степень расширения сопла	56,2
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9963
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	2,5

Объекты применения



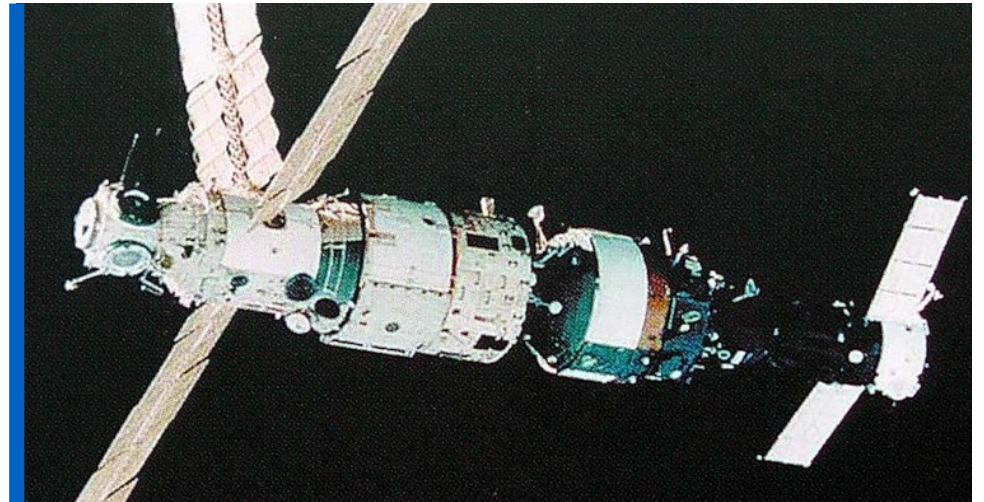
Орбитальная станция «Алмаз»



Орбитальная станция «Мир»



Модуль «Природа» орбитальной станции «Мир»

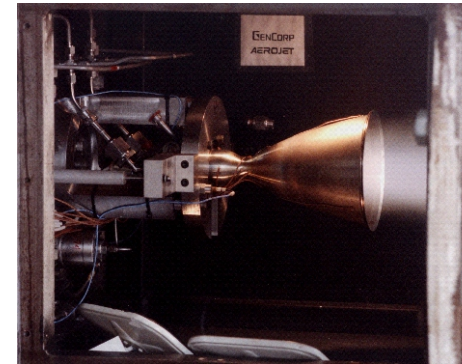


Орбитальная станция «Салют»

Результаты испытаний двигателя 11Д458 на топливе MMH+MON в фирме АЭРОДЖЕТ (США)

Сравнительные испытания двигателя 11Д458 на российском ракетном топливе АТИН+НДМГ и его западном аналоге MON+MMH, проведенные в НИИМаш и Аэроджет показали:

- ▶ адекватность выходных характеристик двигателя на топливе АТИН+НДМГ и MON+НДМГ, полученных на российском и американском испытательном оборудовании;
- ▶ увеличение удельного импульса тяги двигателя в непрерывном режиме работы с 251 с до 291 с (на 17%) при использовании MMH вместо НДМГ.



Полученные экспериментальные результаты, а также другие проведенные в АО «НИИМаш» испытания и расчетно-теоретические исследования, продемонстрировали возможность эффективного применения наших РДМТ с комбинированной схемой смесеобразования в зарубежных и совместных космических программах с минимальными затратами на их адаптацию для работы на MMH.

График зависимости тяги от соотношения компонентов топлива

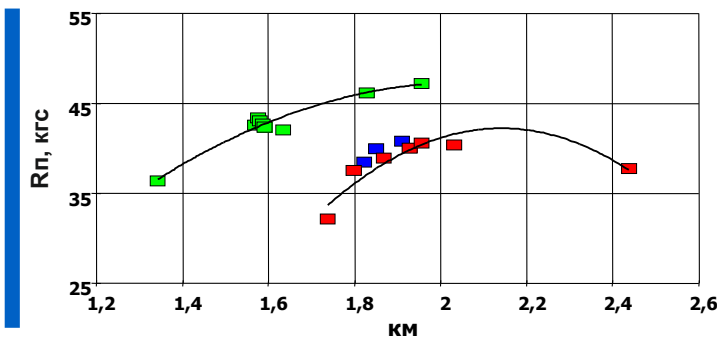


График зависимости тяги от давления на входе

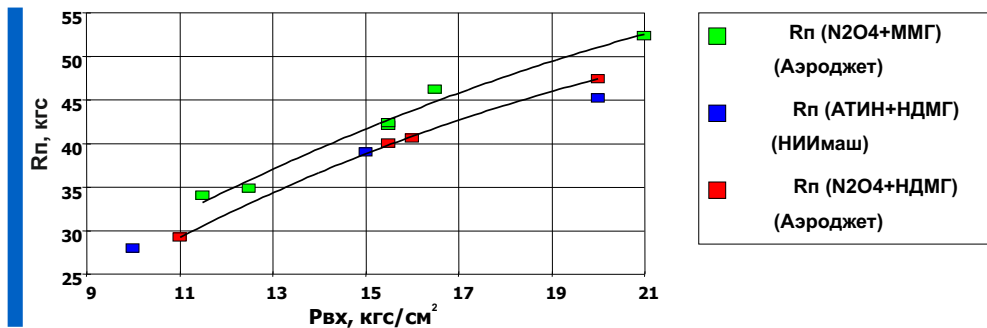


График зависимости удельного импульса тяги от давления на входе

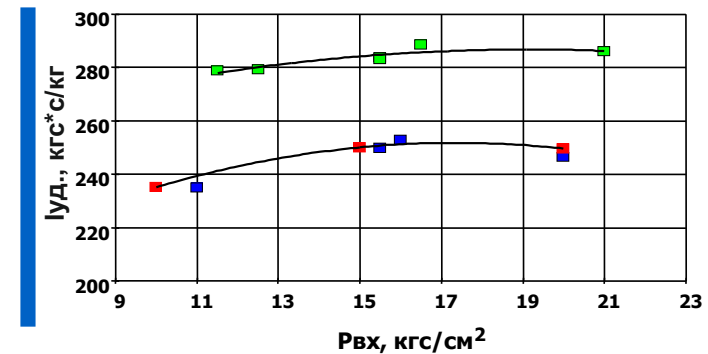
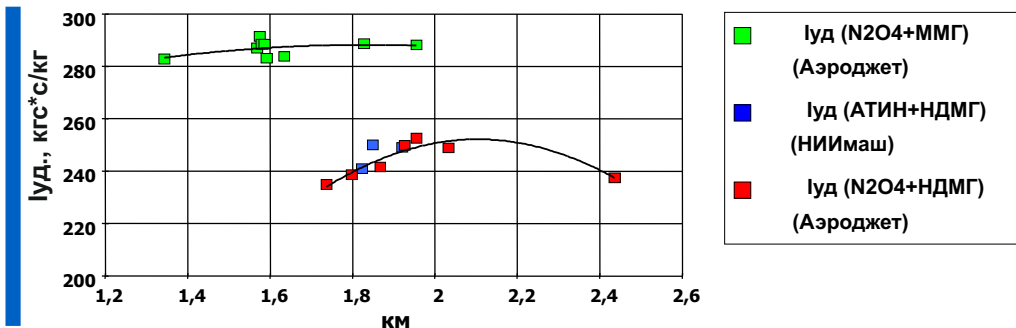


График зависимости удельного импульса тяги от соотношения компонентов топлива





Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

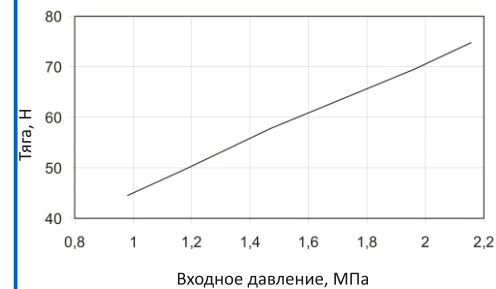
Предназначен для применения в двигательной установке перелетного модуля по международной программе «Фобос-Грунт», в КА «Луна-Ресурс» (ОА).

Уровень отработки

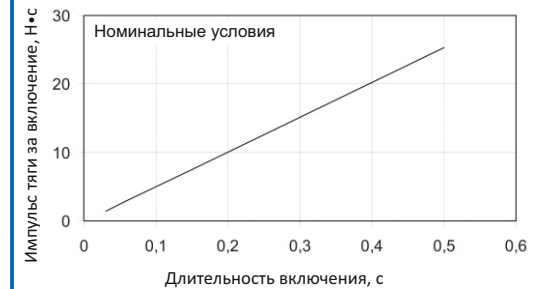
Литера «О». Летная эксплуатация в 2017 г.

Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТ
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: - суммарное время огневой работы, с - суммарное количество включений	5750 10000
Геометрическая степень расширения сопла	50
Масса, кг, не более	1,5

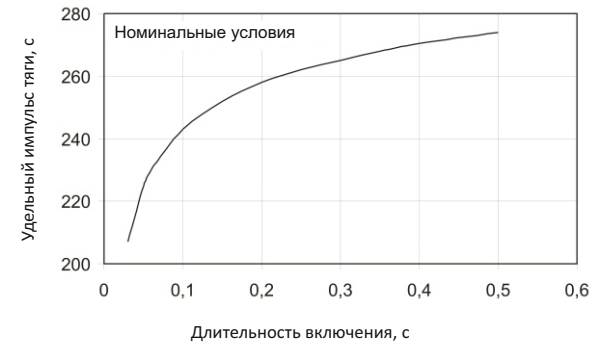
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения





Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

Космические аппараты серии «Космос» и «Ресурс-ДК».

Уровень отработки

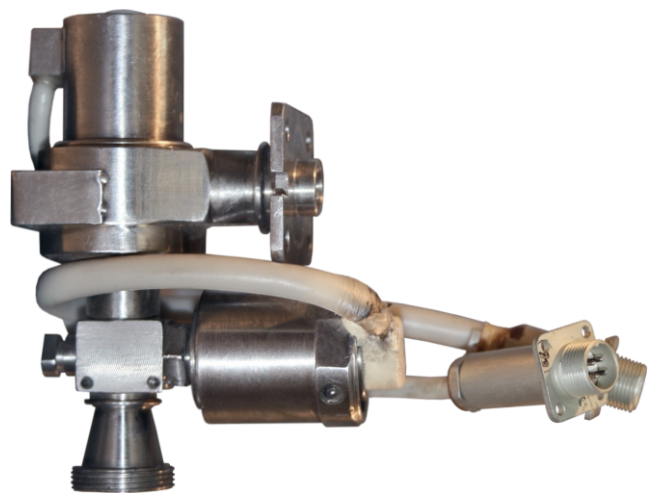
Литера «О». Летная эксплуатация.

Поставки заказчикам

Последняя поставка в 2013 году.



Компоненты топлива: горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	53,9
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2492
Номинальное давление на входе, МПа	1,17
Рабочее давление на входе, МПа	1,03...1,32
Ресурсные характеристики: - суммарное время огневой работы, с - суммарное количество включений	10 000 100 000
Геометрическая степень расширения сопла	52,5
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9946
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	1,2



Рабочее тело	азот
Номинальная тяга, Н	4,91
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	663,2
Номинальное давление на входе, МПа	1,23
Рабочее давление на входе, МПа	1,08...2,8
Ресурсные характеристики: - суммарное время включений, с - суммарное количество включений	30 000 250 000
Геометрическая степень расширения сопла	74,8
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9990
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	0,250

Функция

Управление положением и перемещением средства передвижения космонавта, а также точная ориентация космического аппарата в пространстве по командам системы управления.

Применение

32 двигателя МД5 обеспечили успешное выполнение полетов средства передвижения космонавта. Эксплуатировался в составе разгонного блока «12 КРБ».

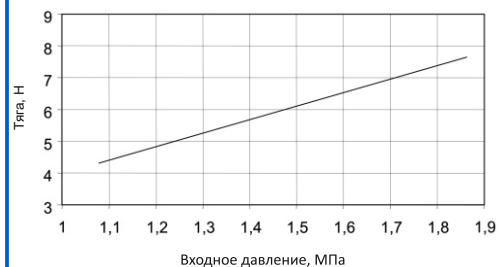
Особенности конструкции

Малые габариты и масса.

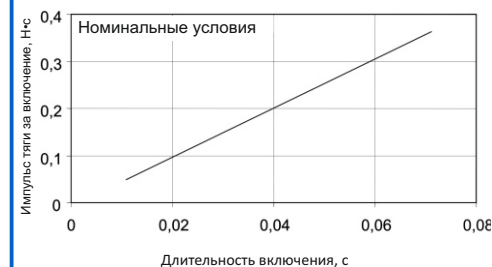
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация в 2001-2007 гг. Последняя поставка в 1999 г.

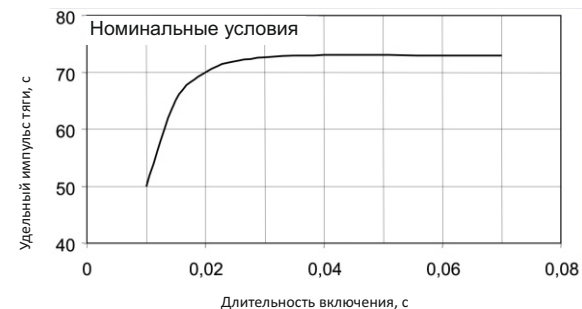
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



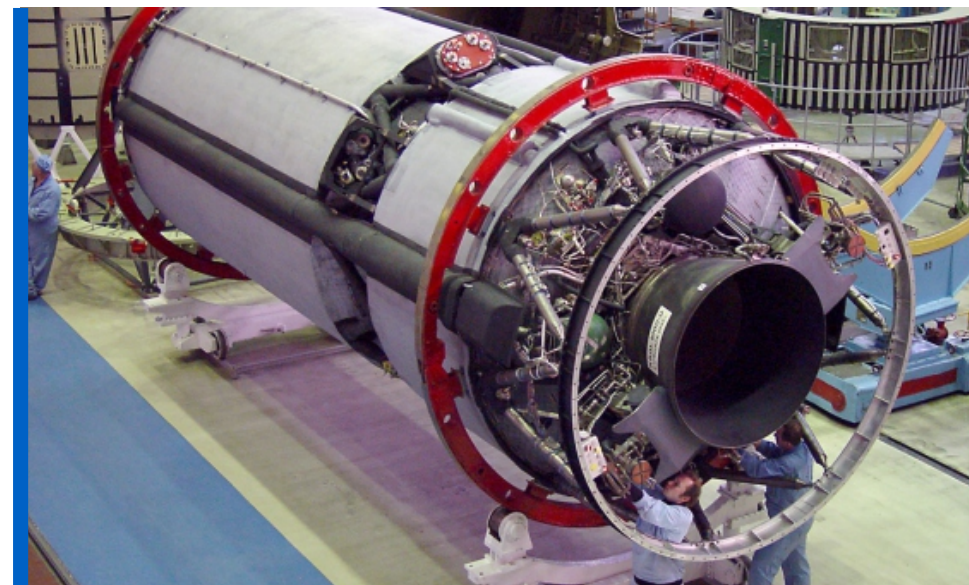
Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



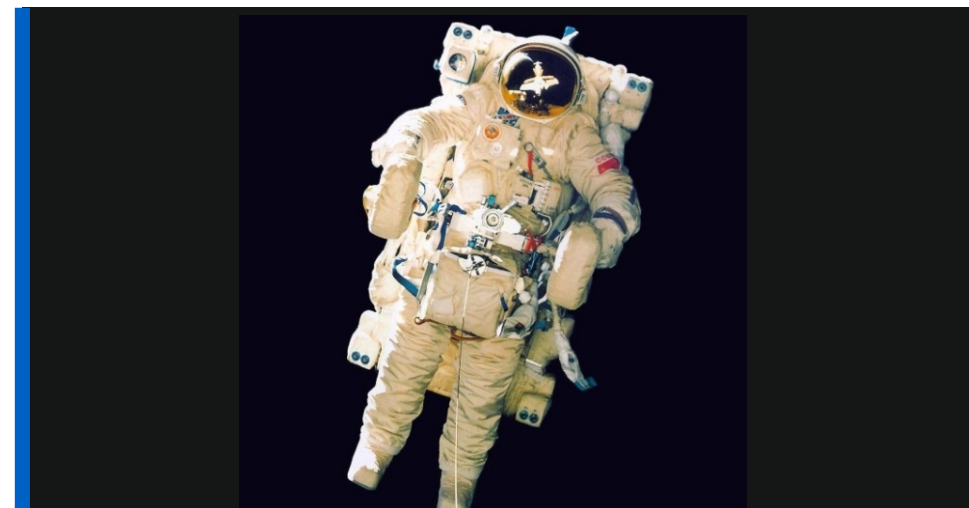
Объекты применения



Разгонный блок «12 КРБ» в составе индийской ракеты-носителя



Разгонный блок «12 КРБ»



Средство передвижения космонавта

Функция

Создание импульсов тяги, обеспечивающих изменение скорости центра масс при коррекции орбиты и торможении КА.

Применение

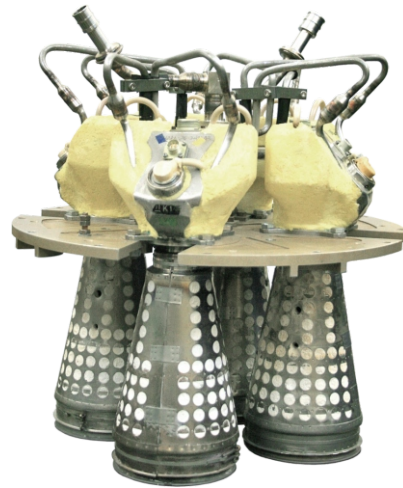
Система выдачи импульсов тяги в составе КА 14К135 и 163КС.

Особенности конструкции

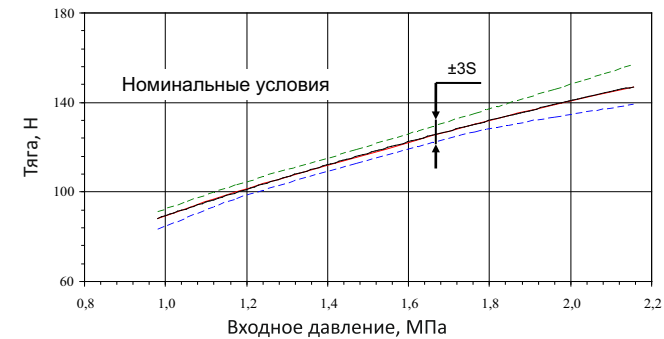
Четырехкамерный двигатель на основе четырех ЖРДМТ 11Д428А-24, объединенных в общую систему подачи компонентов топлива и жестко закрепленных на кронштейне.

Уровень отработки

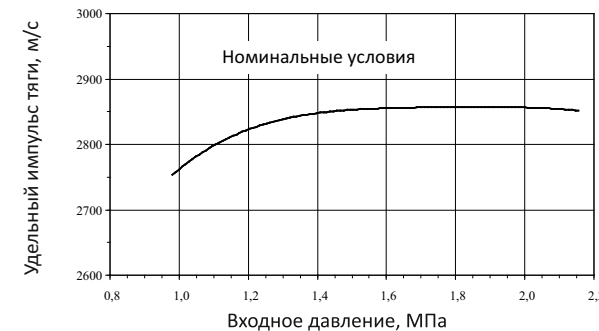
Литера «О». Летная эксплуатация. Последняя поставка в 2020 г.



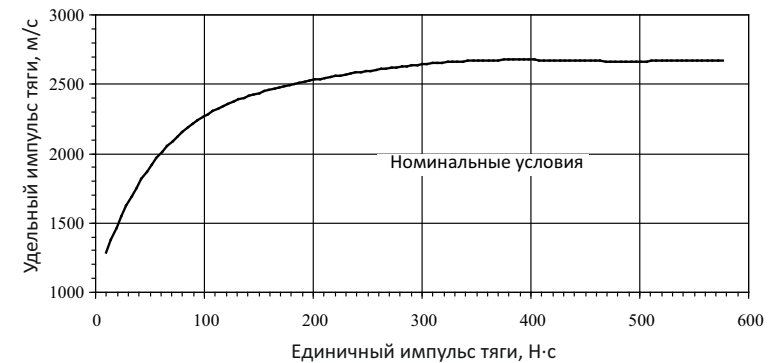
Зависимость тяги от входного давления



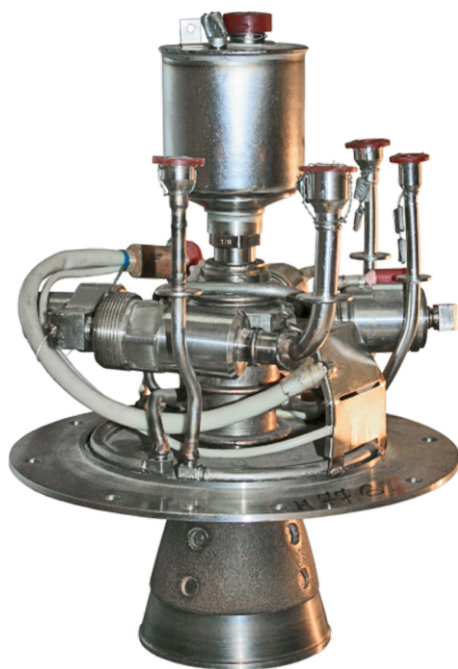
Зависимость удельного импульса тяги от давления на входе



Зависимость удельного импульса тяги от единичного импульса тяги



Компоненты топлива: горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н:	
- общая	464,0
- одного ЖРДМТ	116,0
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2855
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	1,37...1,57
Ресурсные характеристики:	
- суммарное время включений, с	2 000
- суммарное количество включений	5 000
Геометрическая степень расширения сопла	53
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9975
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	8,0



Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

Многоразовый транспортный космический корабль «Буран».

Особенности

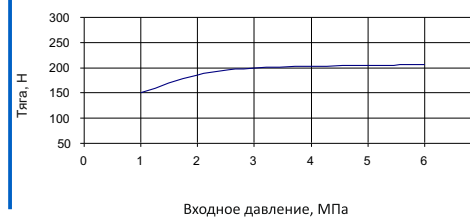
Экологически безопасные компоненты топлива.

Уровень отработки

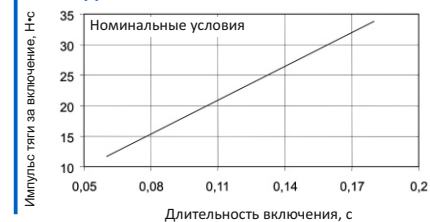
Литера «О». Летная эксплуатация в 1988 г.. Последняя поставка в 1989 г.

Компоненты топлива: горючее/окислитель	керосин/O ₂ (генераторный газ)
Номинальная тяга, Н	196
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2400
Номинальное давление на входе, МПа:	
- окислителя	3,5
- горючего	1,65
Рабочее давление на входе, МПа:	
- окислителя	2,6...6
- горючего	1,4...2
Ресурсные характеристики:	
- суммарное время огневой работы, с	4600
- суммарное количество включений	25 000
Геометрическая степень расширения сопла	53
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9980
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	7,0

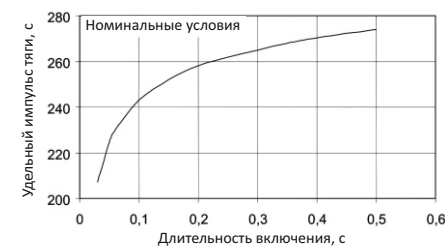
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Объекты применения



Многоразовая транспортная космическая система «Энергия-Буран»



Многоразовый космический корабль «Буран»



Функция

Создание многократного силового импульса в процессе ориентации и стабилизации космического аппарата по командам, получаемым от системы управления КА.

Применение

Комбинированная двигательная установка пилотируемого транспортного корабля «Орёл».

Особенности конструкции

Наличие стабилизаторов расхода компонентов топлива, сопло из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким покрытием.

Уровень отработки

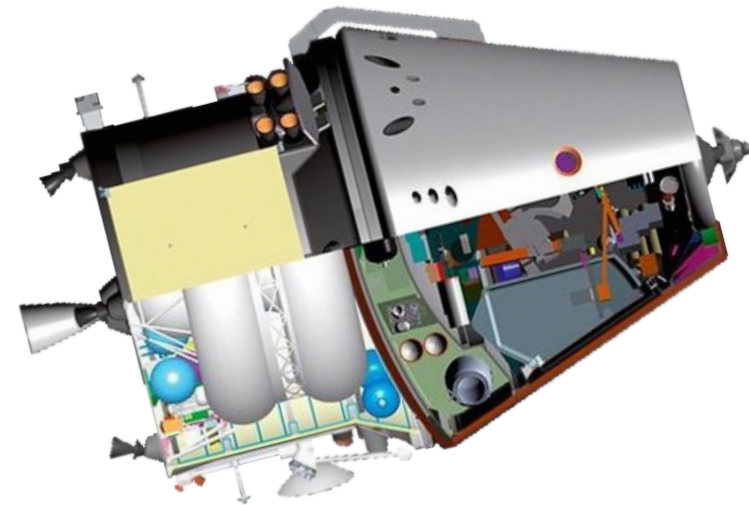
Завершена автономная отработка.

Последняя товарная поставка в 2022 г. (ОСИ).

Характеристики

Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	245,2
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	3012
Номинальное давление на входе, МПа	1,77
Рабочее давление на входе, МПа	1,27...2,06
Ресурсные характеристики: - суммарное время огневой работы, с - суммарное количество включений	20 000 50 000
Геометрическая степень расширения сопла	160
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	2,3

Объекты применения



Перспективный многоразовый пилотируемый космический корабль «Орёл»