

Мы открываем дорогу к звёздам!

2015
2015

Федеральное космическое агентство
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-исследовательский институт машиностроения»

ФГУП НИИМАШ

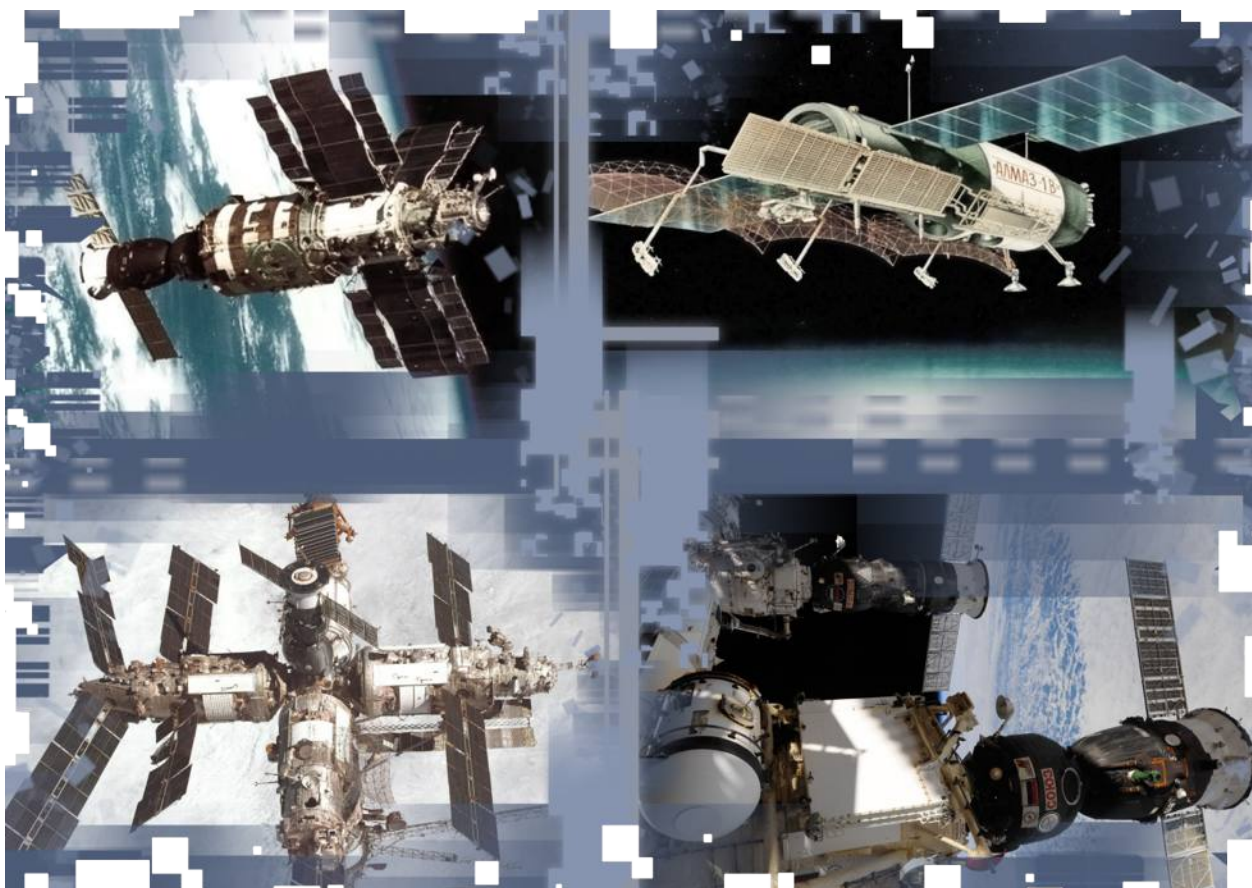


РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ МАЛОЙ ТЯГИ

Микродвигатели – макровозможности

Создание высоконадежных двигателей малой тяги для ориентации и стабилизации долговременных орбитальных станций «Салют», «Алмаз», «Мир» и Международной космической станции на протяжении 40 лет является уникальной специализацией ФГУП «НИИМаш»

Показателем успеха нашей деятельности является безотказная эксплуатация более 30 типов двигателей, разработанных для КА различного назначения. Около 15000 изготовленных нами РДМТ обеспечили выполнение программ полета около 1200 космических аппаратов с реальными сроками активного существования до 15 лет



Двухкомпонентный ракетный двигатель малой тяги 11Д428А-16

Функция

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

Применение

К началу 2015 года 2643 двигателя указанного типа обеспечили успешное выполнение полетов транспортных кораблей «Союз-ТМ», «Прогресс-М». Двигатель используется в служебном модуле «Звезда» Международной космической станции

Особенности конструкции

Сопло из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким силицидным покрытием

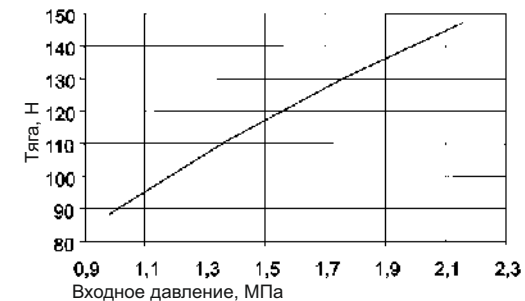
Уровень отработки

Литера «О1». Летная эксплуатация

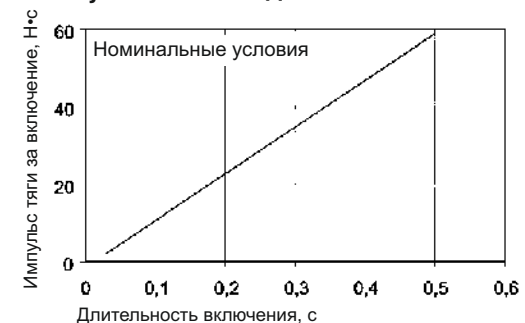


Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	129,16
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2852
Номинальное давление на входе, МПа	1,76
Рабочее давление на входе, МПа	0,98...1,86
Ресурсные характеристики: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	20000 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



Двухкомпонентный ракетный двигатель малой тяги 17Д58Э



Функция

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

Применение

К началу 2015 года 1385 двигателей этого типа эксплуатировались в составе орбитальной станции «Алмаз», разгонного блока «Бриз», модулей дооснащения орбитальной станции «Мир» – «Квант-2», «Кристалл», «Спектр», «Природа», первого российского модуля «Заря» международной космической станции и верхней ступени РН «Стрела»

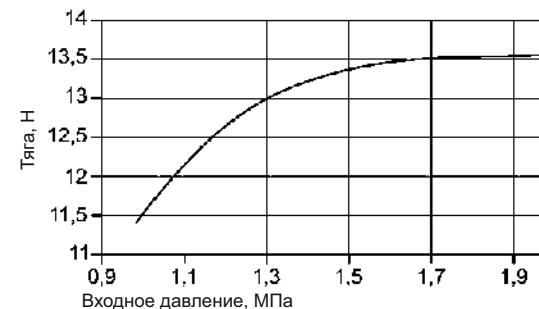
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация

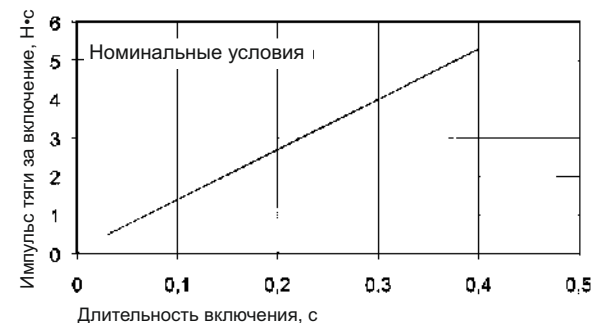


Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	13,3
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2688
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	0,78...3,43
Ресурсные характеристики	
- максимальное время огневой работы, с	180 000
- максимальное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

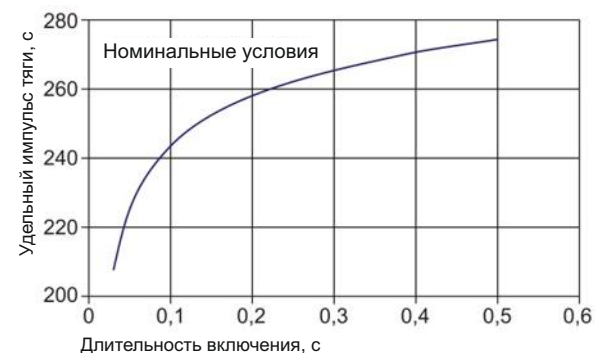
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Двухкомпонентный ракетный двигатель малой тяги 11Д458М



Функция

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

Применение

Разгонный блок «Бриз – М». Первая партия двигателей поставлена в 2005 г.

Особенности конструкции

- высокий удельный импульс тяги
- сопла 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

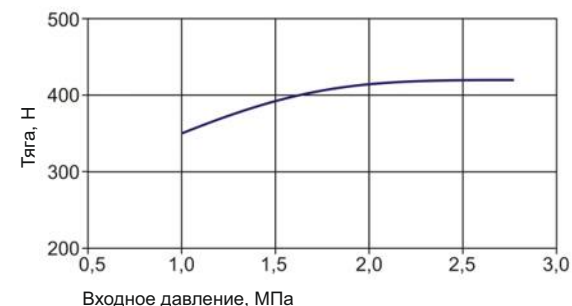


Уровень отработки

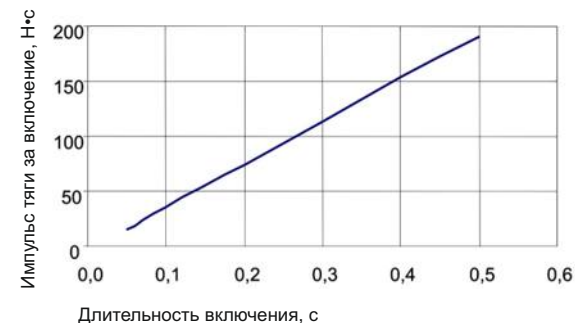
Литера «О». Летная эксплуатация

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: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	1000 10000
Геометрическая степень расширения сопла	100
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9955
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	3,0

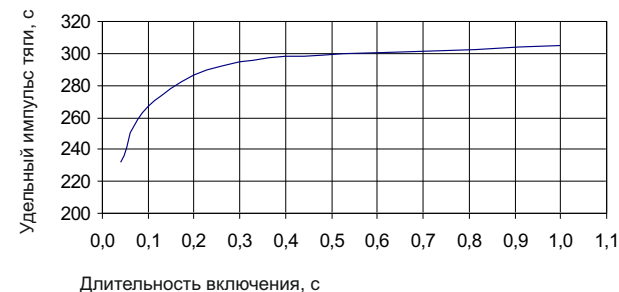
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Двухкомпонентный ракетный двигатель малой тяги 11Д458



Функция

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

Применение

Орбитальные станции «Алмаз» и «Мир» (модули «Квант», «Кристалл», «Спектр», «Природа»), модуль «Заря» Международной космической станции и разгонный блок «Бриз»

Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация



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: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	10000 33000
Геометрическая степень расширения сопла	56,2
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9963
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	2,5

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.

График зависимости тяги от соотношения компонентов

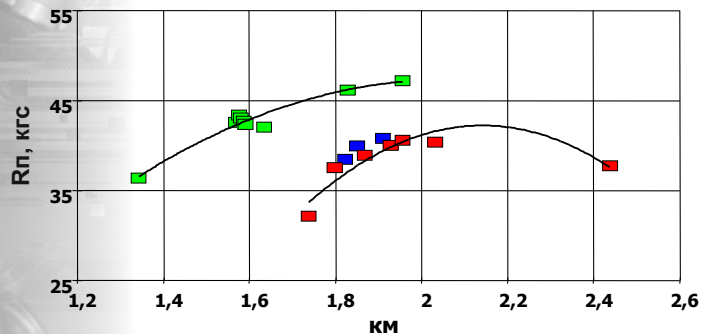
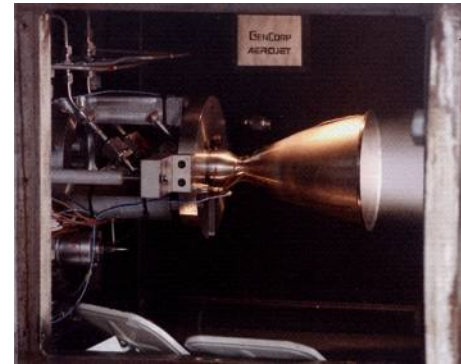
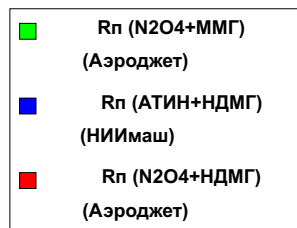
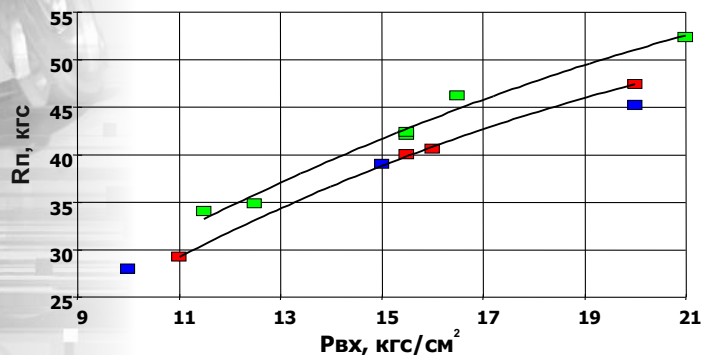


График зависимости тяги от давления на входе



Полученные экспериментальные результаты, а также другие проведенные во ФГУП "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 удельного импульса тяги от давления на входе

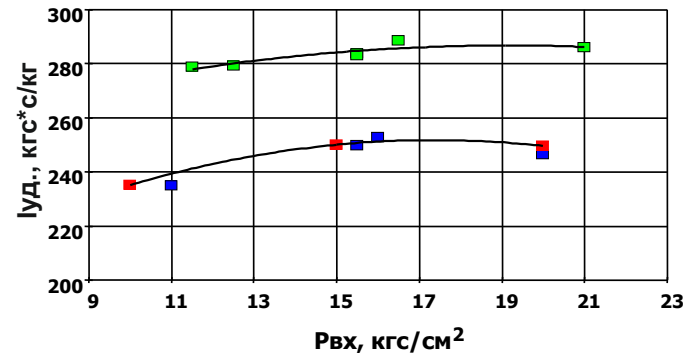
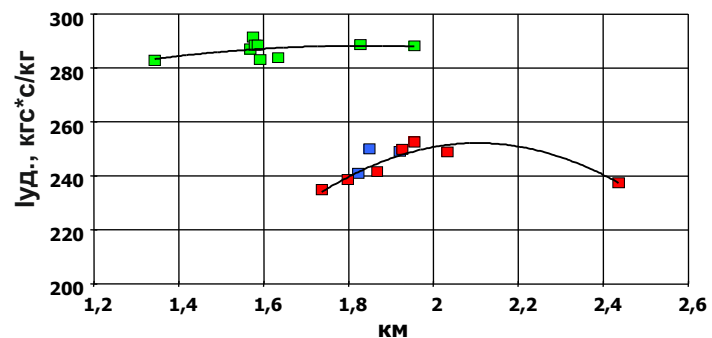


График зависимости удельного импульса тяги от соотношения компонентов



Двухкомпонентный ракетный двигатель малой тяги 11Д428АФ-16



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

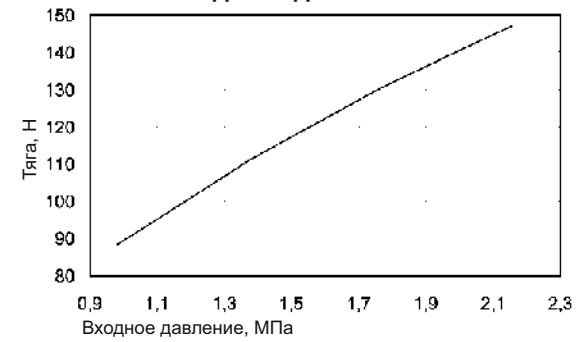
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация

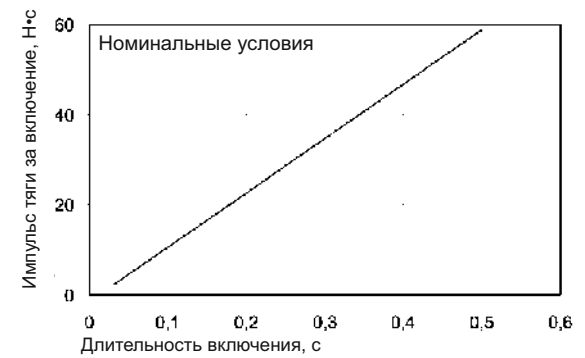


Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	124,56
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2966,5
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	1,37...1,57
Ресурсные характеристики: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	50000 500000
Геометрическая степень расширения сопла	157
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9990
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг	1,9

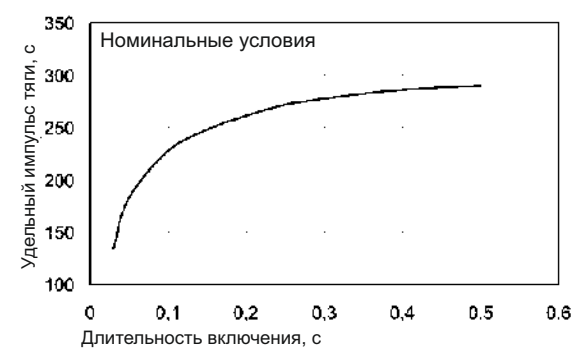
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Двухкомпонентный ракетный двигатель малой тяги 11Д458Ф



Функция

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

Применение

Двигательная установка перелетного модуля по международной программе «Фобос-Грунт»



Особенности конструкции

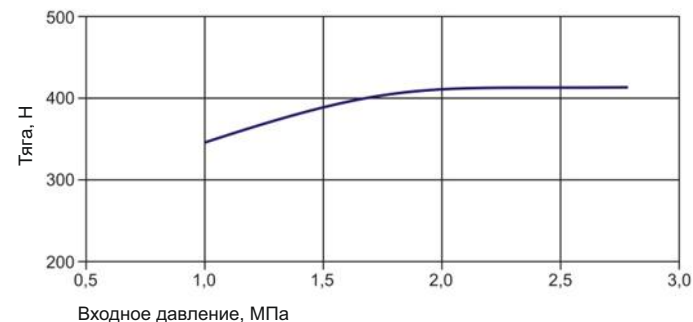
- высокий удельный импульс тяги
- сопло из жаропрочного ниобиевого сплава с жаростойким силицидным покрытием
- наличие стабилизаторов расхода, которые при изменении давления на входе в широком рабочем диапазоне обеспечивают постоянный расход компонентов топлива

Уровень отработки

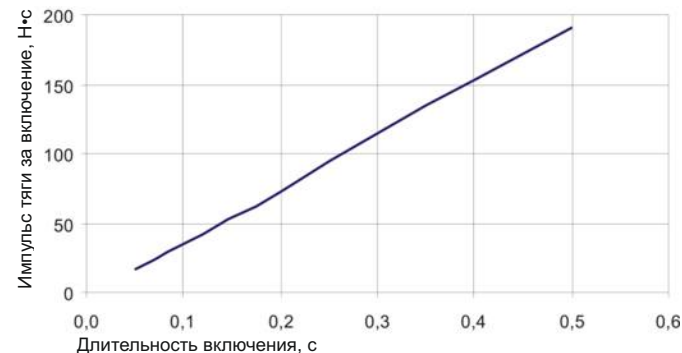
Литера «О». Летная эксплуатация

Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
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
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9600
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	3,3

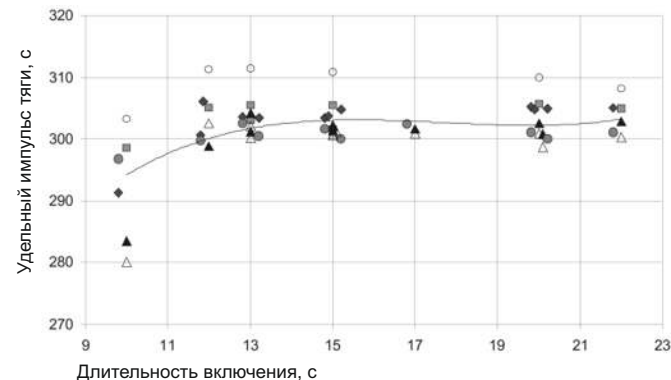
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Газовый ракетный двигатель малой тяги МД08-02



Функция

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

Применение

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

Особенности конструкции

Малые габариты и масса

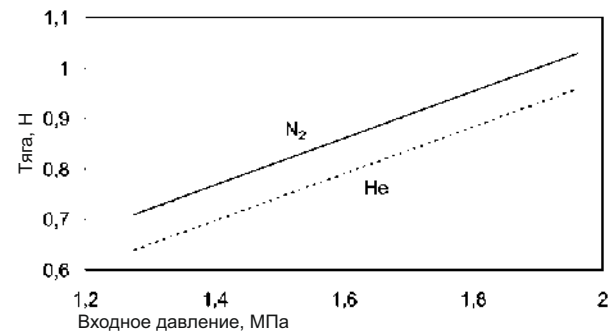
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация

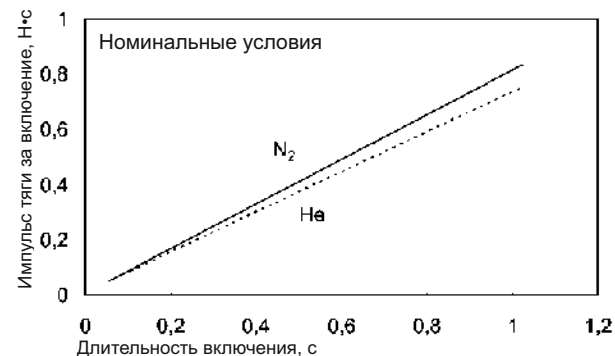


Рабочее тело	Гелий/азот
Номинальная тяга, Н	0,733/0,819
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	1657,9/716,1
Номинальное давление на входе, МПа	1,765
Рабочее давление на входе, МПа	1,47...1,96
Ресурсные характеристики: - максимальное время включений, с - максимальное количество включений	10000 80000
Геометрическая степень расширения сопла	64
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9990
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	0,066

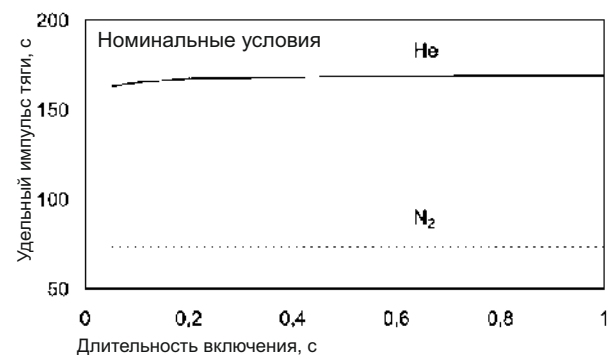
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Корректирующе-тормозной двигатель (КТД) МВСК83

Функция

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

Применение

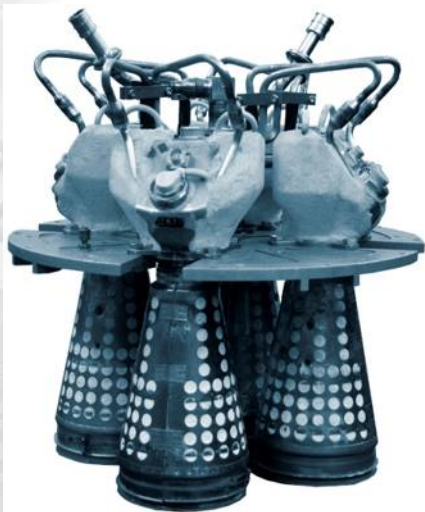
Реактивная система управления автоматического КА

Особенности конструкции

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

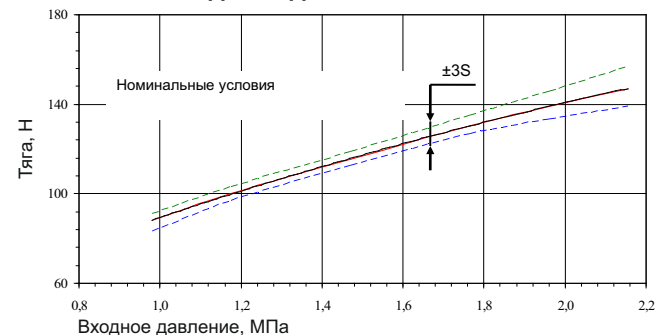
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация

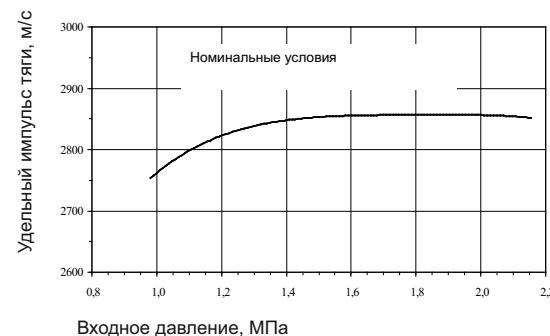


Компоненты топлива, горючее/окислитель	НДМГ/АТИН
Номинальная тяга, Н	
- общая	464,0
- одного ЖРДМТ	116,0
Номинальный удельный импульс тяги ЖРДМТ в непрерывном режиме, м/с	2855
Номинальное давление на входе, МПа	1,47
Рабочее давление на входе, МПа	1,37...1,57
Ресурсные характеристики:	
- максимальное время огневой работы, с	2000
- максимальное количество включений	5000
Геометрическая степень расширения сопла	53
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9975
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	8,0

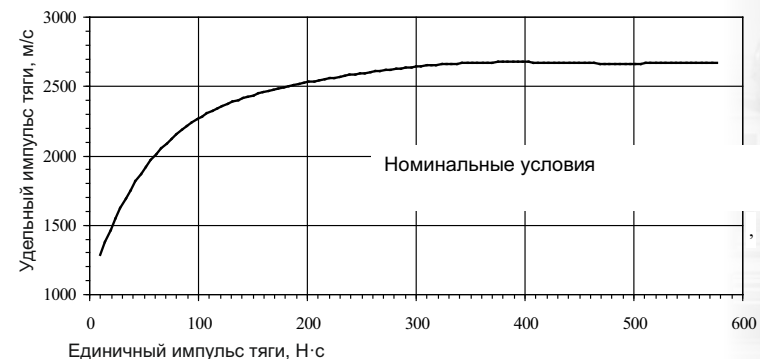
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость удельного импульса тяги от давления на входе



Зависимость удельного импульса тяги от единичного импульса тяги



Двухкомпонентный ракетный двигатель малой тяги 11Д457



Функция

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

Уровень отработки

Литера «О1». Летная эксплуатация

Применение

КА серии «Космос», «Ресурс-ДК»



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: - максимальное время огневой работы, с - максимальное количество включений	10000 100000
Геометрическая степень расширения сопла	52,5
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9946
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	1,2

Двухкомпонентный ракетный двигатель малой тяги 17Д16



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 конструкции

Экологически безопасные компоненты топлива

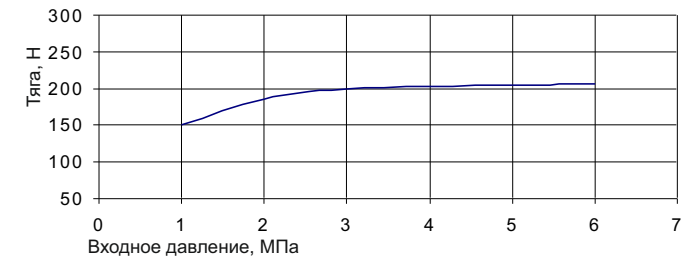
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация

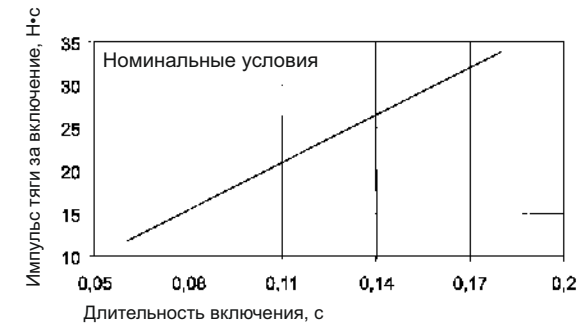


Компоненты топлива, горючее/окислитель	Керосин/O ₂ (генераторный газ)
Номинальная тяга, Н	196
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	2400
Номинальное давление на входе, МПа:	
- окислителя	3,5
- горючего	1,65
Рабочее давление на входе, МПа:	
- окислителя	2,6...6
- горючего	1,4...2
Ресурсные характеристики:	
- максимальное время огневой работы, с	4600
- максимальное количество включений	25000
Геометрическая степень расширения сопла	53
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9980
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	7,0

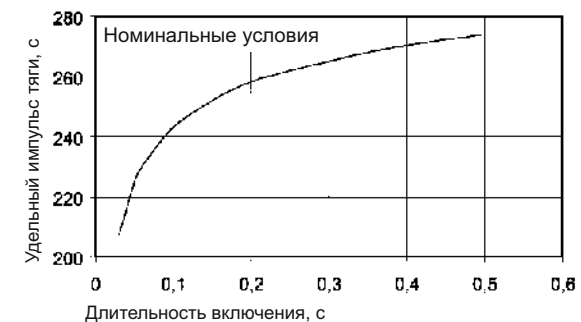
Зависимость тяги от входного давления



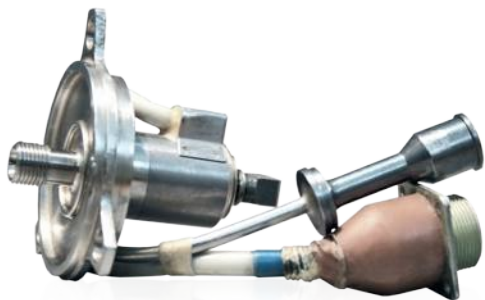
Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Газовый ракетный двигатель малой тяги МД08



Функция

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

Применение

КА серии «Космос», «Ресурс-ДК»

Особенности конструкции

Малые габариты и масса

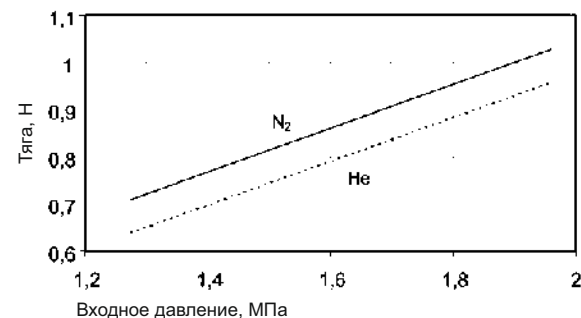
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация

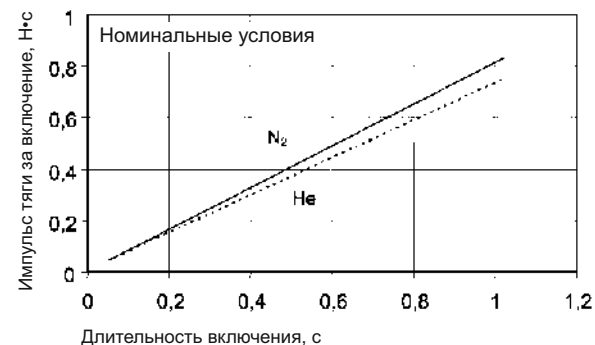


Рабочее тело	Гелий/азот
Номинальная тяга, Н	0,733/0,819
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	1657,9/1716,1
Номинальное давление на входе, МПа	1,765
Рабочее давление на входе, МПа	1,47...1,96
Ресурсные характеристики: - максимальное время включений, с - максимальное количество включений	10000 80000
Геометрическая степень расширения сопла	64
Рабочее напряжение, В	27
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9990
Масса, кг, не более	0,105

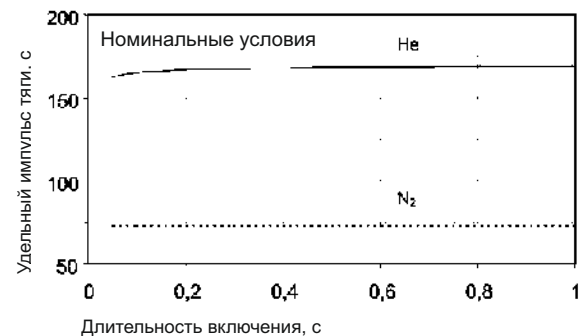
Зависимость тяги от входного давления



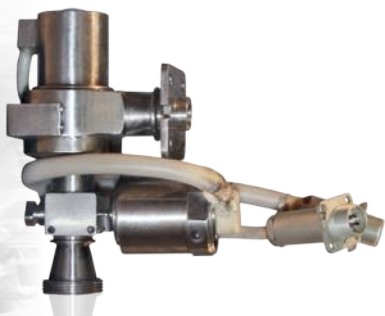
Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Газовый ракетный двигатель малой тяги МД5



Функция

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

Применение

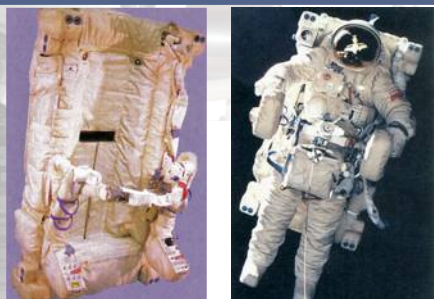
Тридцать два двигателя МД5 обеспечили успешное выполнение полетов средства передвижения космонавта

Особенности конструкции

Малые габариты и масса

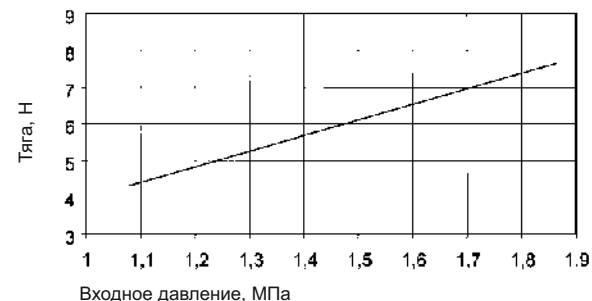
Уровень отработки

Литера «О». Летная эксплуатация

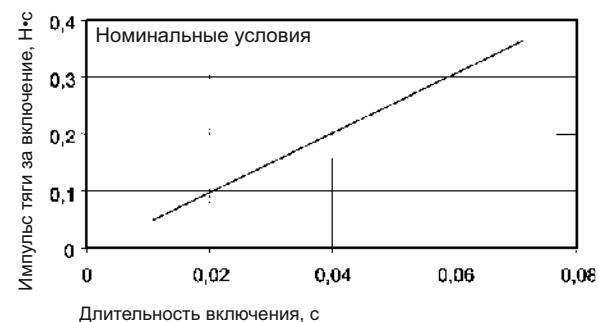


Рабочее тело	Азот
Номинальная тяга, Н	4,91
Номинальный удельный импульс тяги в непрерывном режиме, м/с	663,2
Номинальное давление на входе, МПа	1,23
Рабочее давление на входе, МПа	1,08...1,86
Ресурсные характеристики: - максимальное время включений, с - максимальное количество включений	30000 250000
Геометрическая степень расширения сопла	74,8
Нижняя граница вероятности безотказной работы	0,9990
Рабочее напряжение, В	27
Масса, кг, не более	0,250

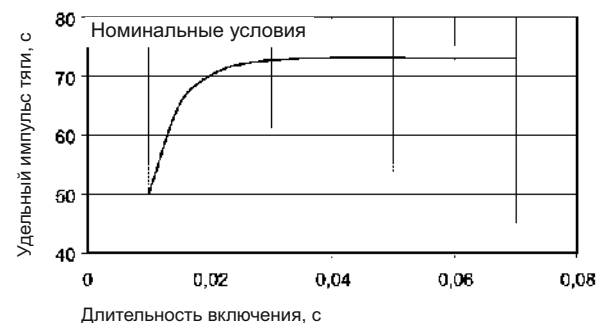
Зависимость тяги от входного давления



Зависимость импульса тяги от длительности включения



Зависимость удельного импульса тяги от длительности включения



Микродвигатели – макровозможности

Двигатели «НИИМаш» обладают следующими особенностями:

- имеют нижнюю границу вероятности безотказной работы не менее 0,995 при доверительной вероятности 0,9
- сохраняют работоспособность после испытаний в диапазоне соотношения компонентов от 0,46 до 6,8 при удовлетворительном тепловом режиме камеры
- имеют малые заклапанные объемы, что гарантирует высокие динамические характеристики, в т.ч. удельный импульс тяги, при длительностях включения 0,03...0,05 с
- имеют незначительный сброс тепла в кронштейн КА во время работы



По желанию заказчика двигатели могут иметь:

- жидкостный контур терморегулирования, электронагреватель и систему контактного теплообмена с КА
- высокодинамичные стабилизаторы расхода, которые обеспечивают неизменность тяги, удельного импульса тяги и соотношения компонентов топлива при изменении давления на входе в двигатель от 1,18 до 2,45 МПа и разноподпорности $\Delta P_{o,г}$ не менее 0,39 МПа

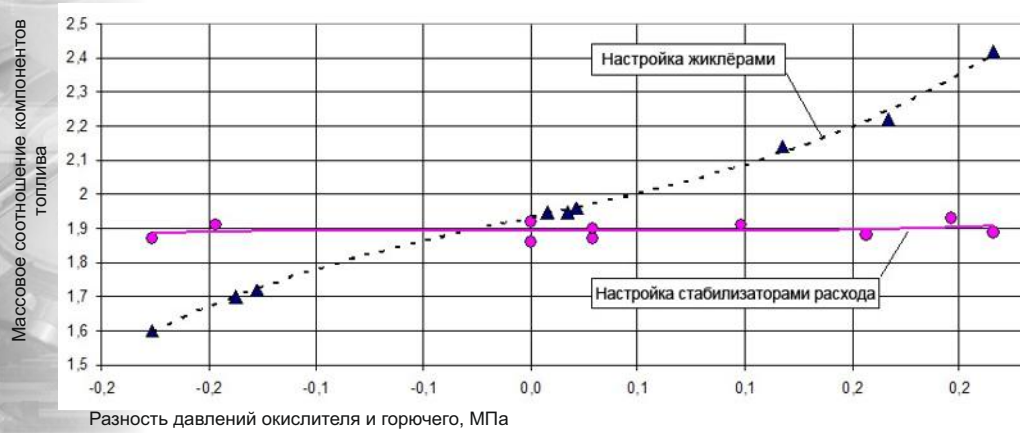
- Высочайшую надёжность всех двигателей разработки и изготовления ФГУП «НИИМаш» обеспечивают стопроцентный контроль качества и огневые контрольно-технологические испытания каждого экземпляра РДМТ без его последующей переборки до установки на космические аппараты



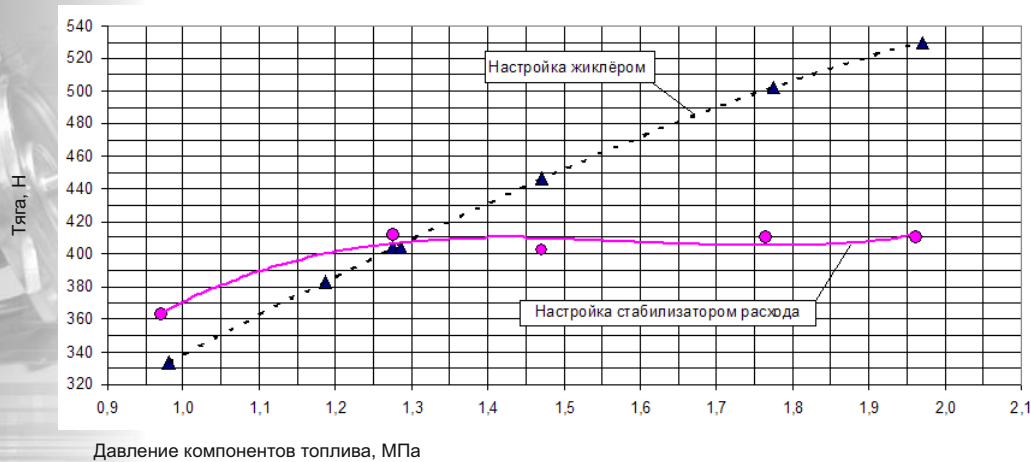
- Отличительной чертой плана контроля качества продукции ФГУП «НИИМаш» является определение действительных значений выходных характеристик каждого экземпляра двигателя **на земле** для наиболее эффективного выполнения программы космического аппарата **в полёте**

Микродвигатели – макровозможности

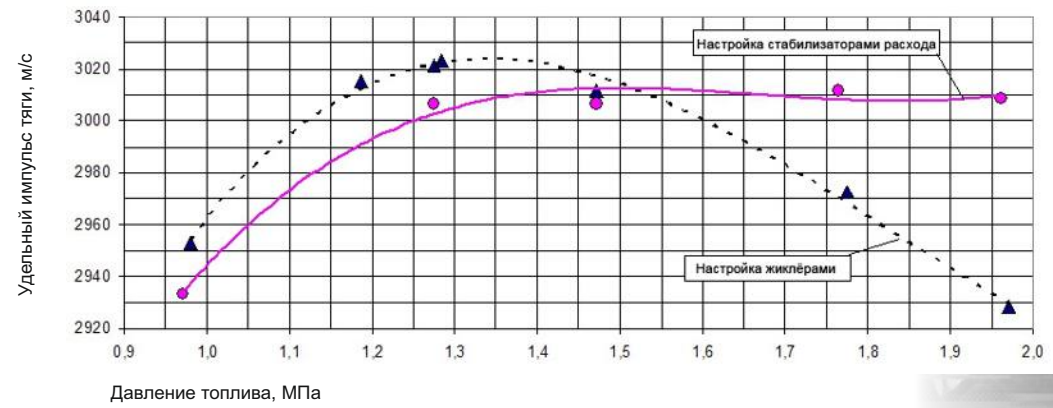
Зависимость массового соотношения компонентов топлива от разности давлений окислителя и горючего



Зависимость тяги от давления компонентов топлива



Зависимость удельного импульса тяги от давления компонентов топлива



Зависимость температуры в критическом сечении сопла и расхода компонентов топлива от давления на входе в двигатель

