



ТЕХНОЛОГИИ ГЕОСКАНА

2025

Плазменные двигатели для
лунного спутника

Селиванов М.Ю.
АО ГНЦ «Центр Келдыша»

Аппараты исследования дальнего космоса

КА дальнего космоса с плазменными двигателями

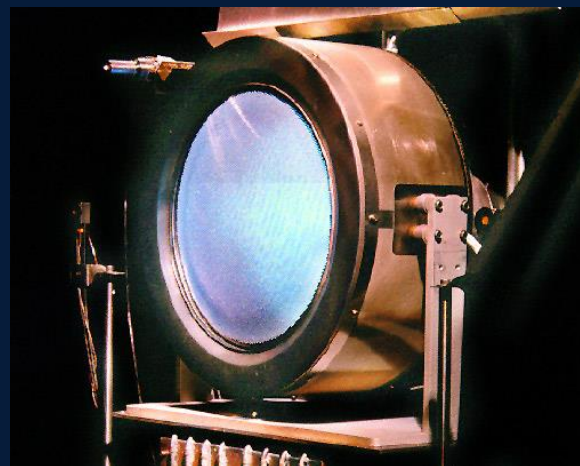
Миссия	Назначение	Двигатель	Тип двигателя	Год запуска
Deep Space	Астероид	NSTAR	Ионный	1998
Dawn	Планетоиды Веста и Церера	NSTAR	Ионный	2007
DART	Астероиды Дидим и Диморф	NEXT	Ионный	2021
Hayabusa-1	Астероид	μ-10	Ионный	2003
Hayabusa-2	Астероид	μ-10	Ионный	2014
BepiColombo	Меркурий	T-6	Ионный	2018
SMART-1	Луна	PPS-1350	Холловский	2003

DAWN

Назначение	Исследование астероидов Vesta и Ceres с орбит вокруг этих астероидов
Дата пуска	27 сентября 2007 года
Дата окончания миссии	1 ноября 2018 года
Стартовая масса	1217,7 кг
Бортовая мощность	10300 Вт



Тип и название двигателя	Ионный, NSTAR
Разработчик	Jet Propulsion Laboratory (JPL), Glenn Research Center (GRC) and Hughes Electron Dynamics (HED)
Мощность, кВт	0,53-2,29
Тяга, мН	20,6-92,4
Уд. импульс, с	1972-3120
КПД	0,42-0,62

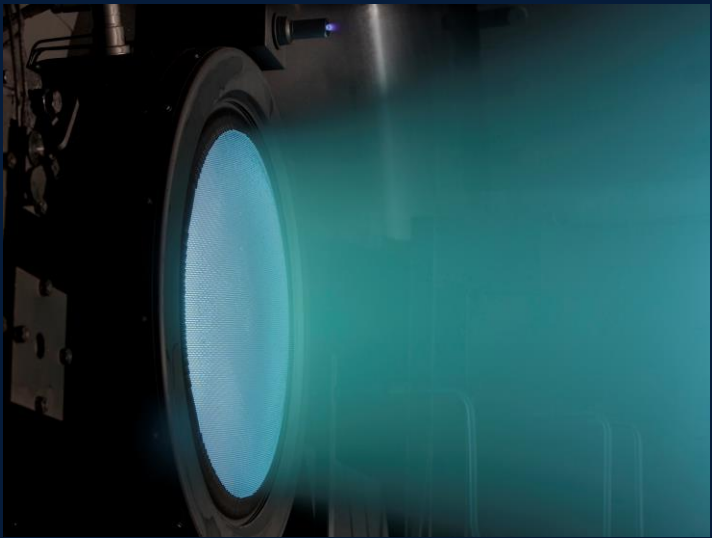


DART



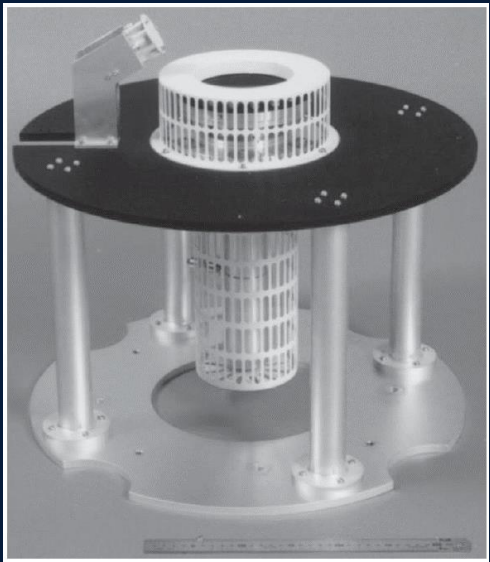
Тип и название двигателя	Ионный, NEXT
Разработчик	GRC
Мощность, кВт	0,55-6,86
Тяга, мН	25,5-237
Уд. импульс, с	1400-4200
КПД	0,32-0,71

Назначение	Изменение траектории двойного околоземного астероида Дидим и столкновение с его компонентом Диморф
Дата пуска	22 июля 2021 года
Дата столкновения	26 сентября 2022 года

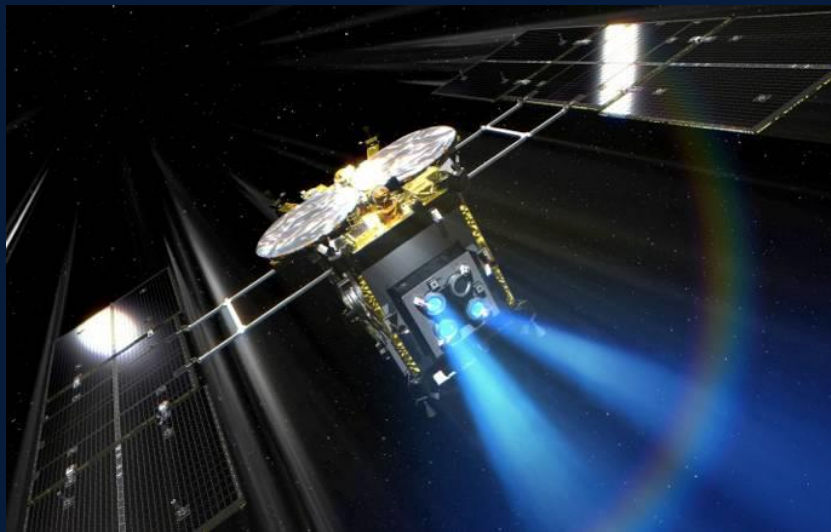


HAYABUSA

Назначение	Возврат на Землю образцов грунта с астероида Itokawa
Дата пуска	9 мая 2003 года
Дата окончания миссии	Июнь 2010 года
Стартовая масса	510 кг
Бортовая мощность	2600 Вт
Тип и название двигателя	Ионный (СВЧ), μ -10
Разработчик	Institute of Space and Astronautical Science (ISAS, Япония)
Мощность, кВт	0,28-1,15
Тяга, мН	4,4-7,6
Уд. импульс, с	2760-3000



HAJABUSA-2

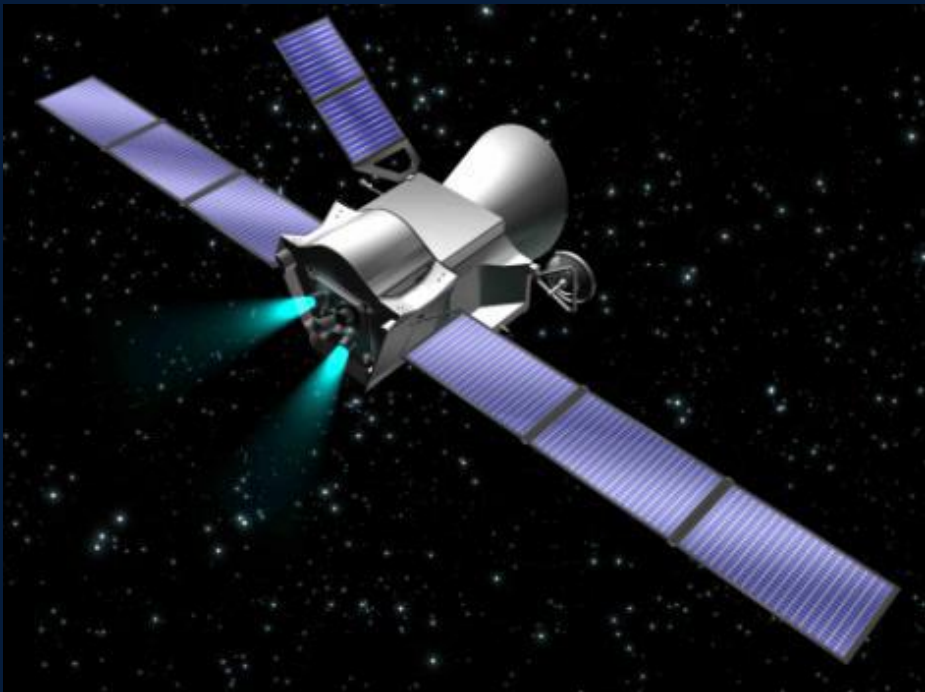


Назначение	Доставка на Землю образцов грунта астероида 1999 JU3
Дата пуска	3 декабря 2014 года
Дата окончания миссии	Декабрь 2020 года
Стартовая масса	600 кг
Бортовая мощность	2600 Вт

Тип и название двигателя	Ионный (СВЧ), μ -10
Разработчик	Institute of Space and Astronautical Science (ISAS, Япония)
Мощность, кВт	0,38-1,23
Тяга, мН	6,3-9,0
Уд. импульс, с	2740-2890



BEPI COLOMBO



Назначение	Совместная миссия ESA и JAXA по исследованию Меркурия автоматическими КА
Дата пуска	20 октября 2018 года
Стартовая масса	2300 кг
Бортовая мощность	5500 Вт



Тип и название двигателя	Ионный, T6
Разработчик	QinetiQ
Мощность, кВт	2,5-4,6
Тяга, мН	75-145
Уд. импульс, с	4000-4300
КПД	0,57-0,66

SMART-1

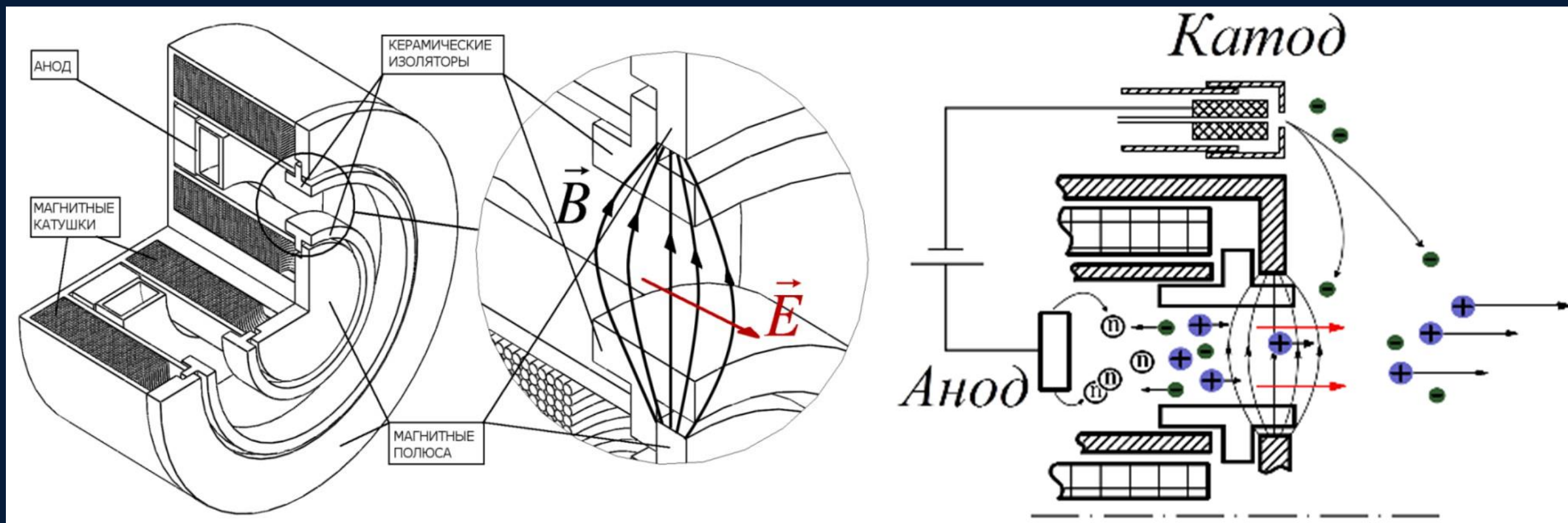


Назначение	Отработка перспективных технологий для будущих миссий к Меркурию и Солнцу
Дата пуска	27 сентября 2003 года
Выход на орбиту Луны	27 февраля 2005 года

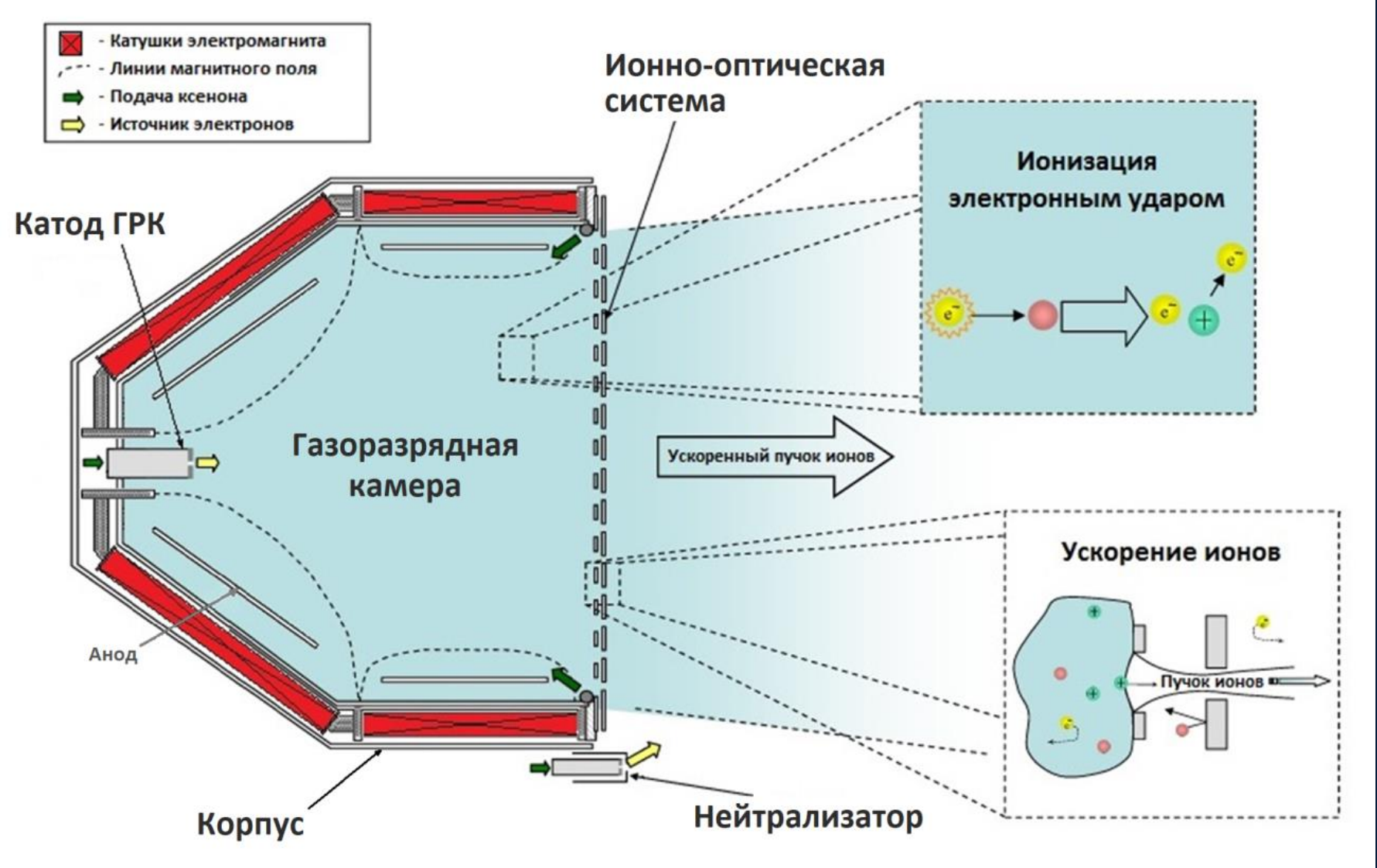
Тип и название двигателя	Холловский, СПД-100
Разработчик	ОКБ Факел
Мощность, кВт	1,3
Тяга, мН	83
Уд. импульс, с	1600



Принцип работы холловского двигателя



Принцип работы ионного двигателя



Задел по созданию плазменных двигателей в Центре Келдыша

Холловский двигатель КМ-60



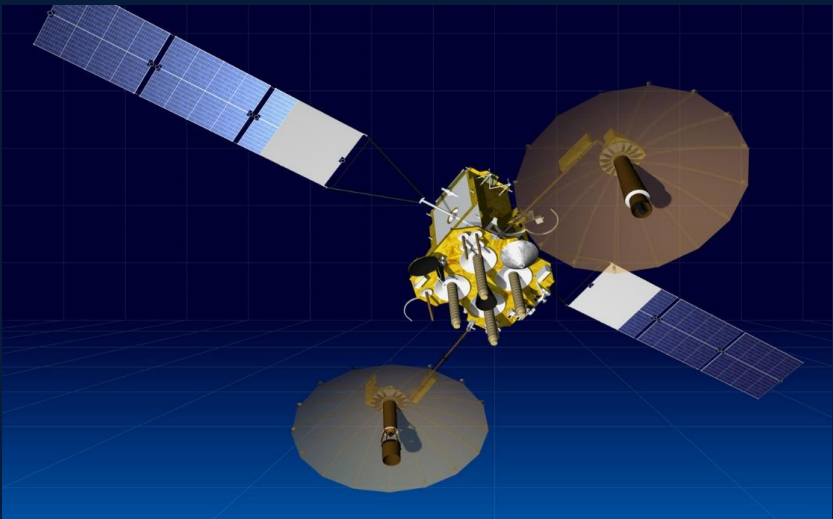
КМ-60



Блок управления
расходом

Стадия разработки — летная модель

Применение — геостационарные КА
на основе платформы «Экспресс-1000»



Мощность	930 Вт
Тяга	42 мН
Удельный импульс	1860 с
Напряжение разряда	500 В
Полный импульс тяги	600 кН·с

V. Vorontsov, A. Kostin, A. Lovtsov et. al. Development of KM-60 based Orbit Control Propulsion Subsystem for Geostationary Satellite, Procedia Engineering. 2017, 185, pp. 319-325.

Холловский двигатель КМ-75

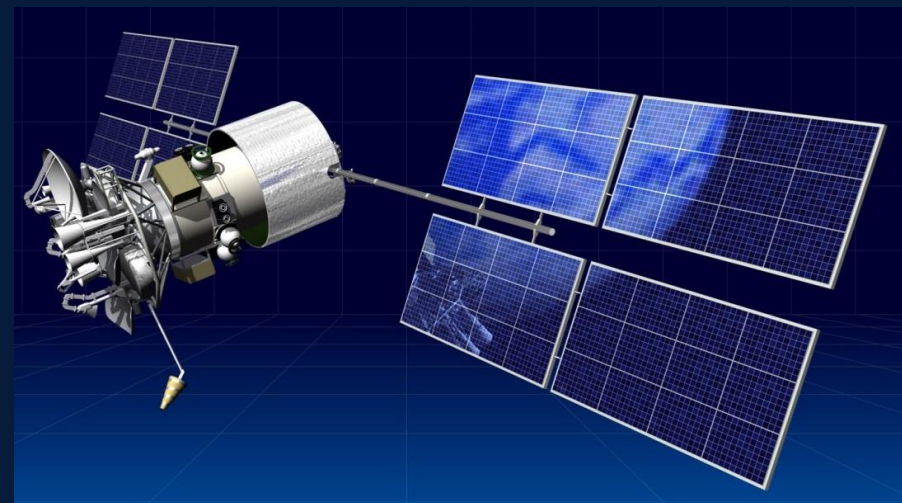


Двигатели КМ-75 и блоки управления
расходом (БУР)

Стадия разработки — серийное
производство

Применение — геостационарные КА на
основе платформы «Экспресс-2000»

Lovtsov A.S., Tomilin D.A., Muravlev V.A. Development of High-Voltage Hall
Effect Thrusters at Keldysh Research Centre. Presented in the 68th
International Astronautical Congress (IAC), 2017, IAC-17.C4.4.4.



Мощность	2350 Вт
Тяга	95 мН
Удельный импульс	2680 с
Разрядное напряжение	810 В
Полный импульс тяги	>1600 кН·с

Ионный двигатель ИД-200КР



ИД-200КР

Применение — двигатель коррекции орбиты КА ГСО

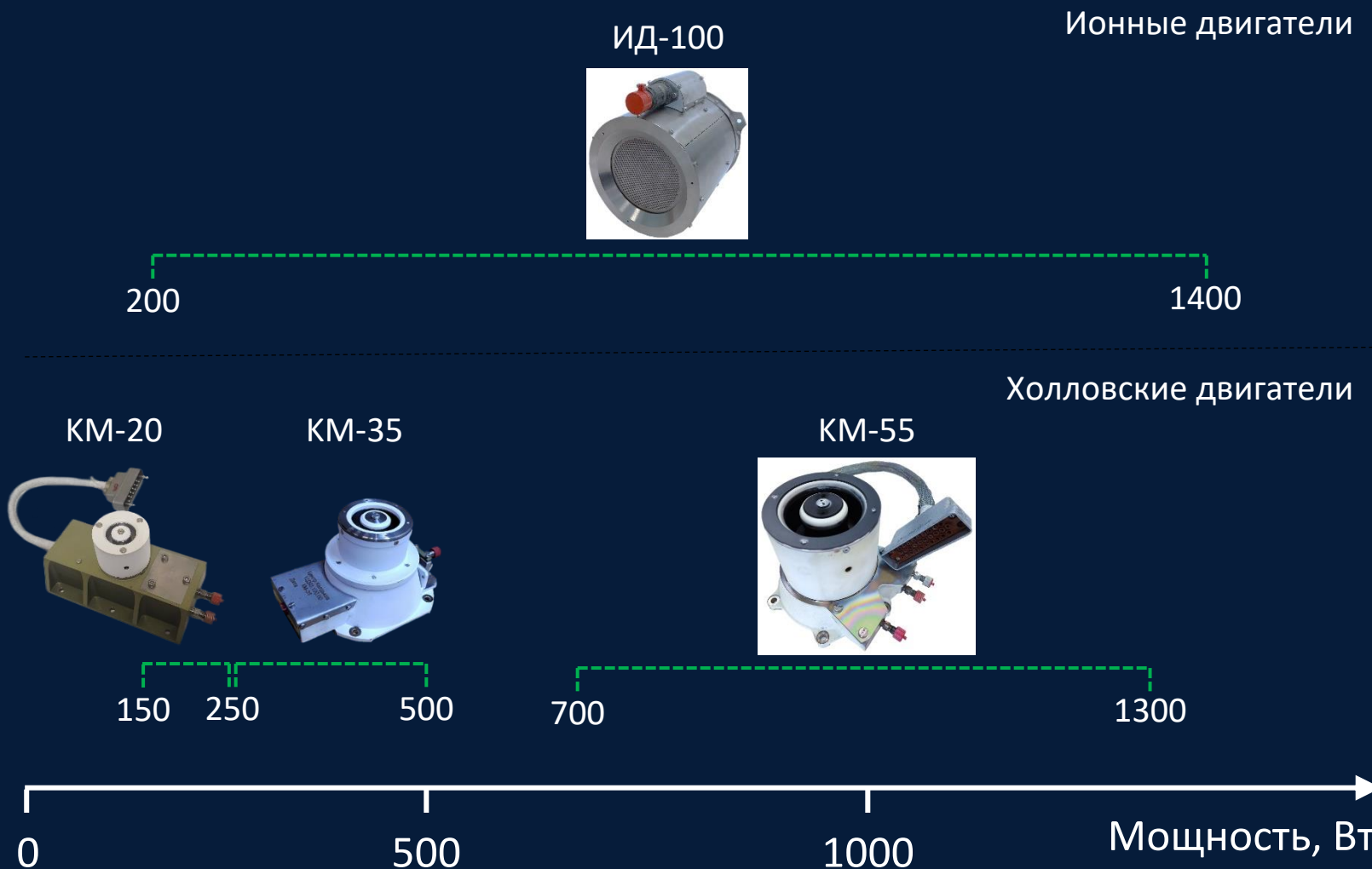
Стадия разработки — квалифицирован



Мощность	3 кВт
Тяга	85 мН
Удельный импульс	4500 с
Подтвержденный ресурс	10 000 ч

Плазменные двигательные установки для спутников Луны

Линейка плазменных двигателей для малых КА



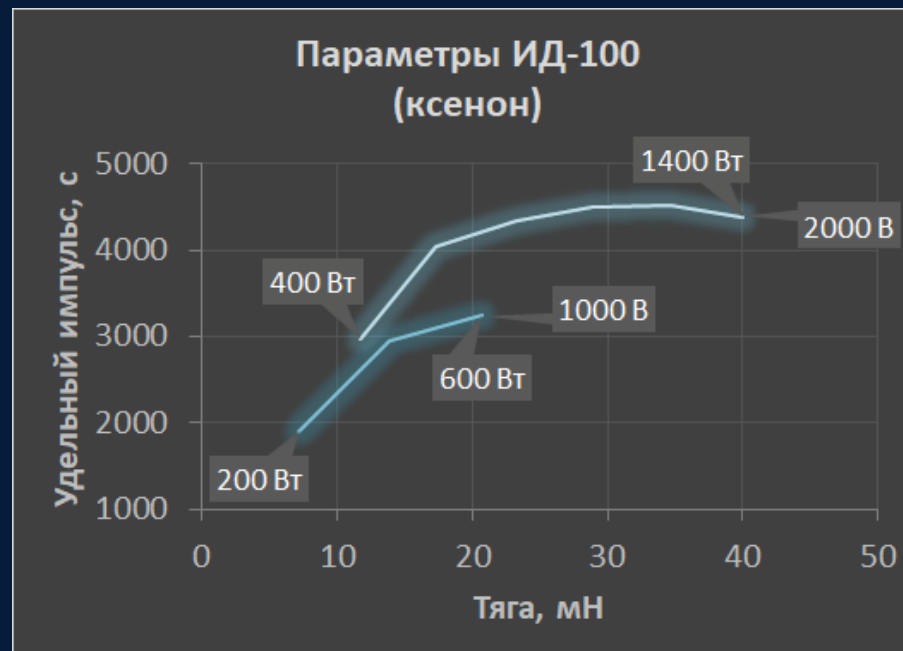
Ионный двигатель ИД-100



ИД-100

Стадия разработки — испытан
экспериментальный образец

Применение — двигатель коррекции МКА



Холловский двигатель КМ-20



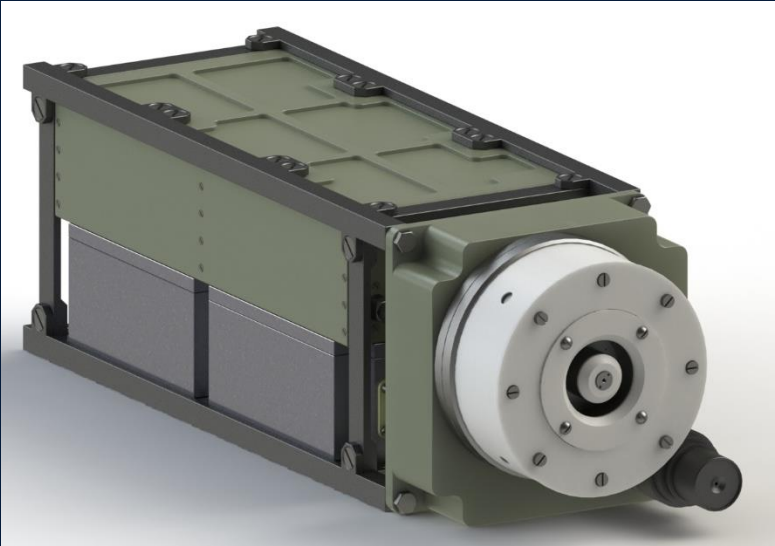
КМ-20

Стадия разработки — испытан
экспериментальный образец

Применение — двигатель коррекции МКА



ЭРДУ на базе КМ-20



Мощность ЭРДУ, Вт	<150
Рабочее тело	Хе
Тяга, мН	7,5
Удельный импульс, с	900
Суммарный импульс тяги, кН·с	70
Масса ДУ (без баллона с РТ), кг	3,5
Размер без баллона	3U

Стадия разработки — испытания экспериментальных образцов составных частей

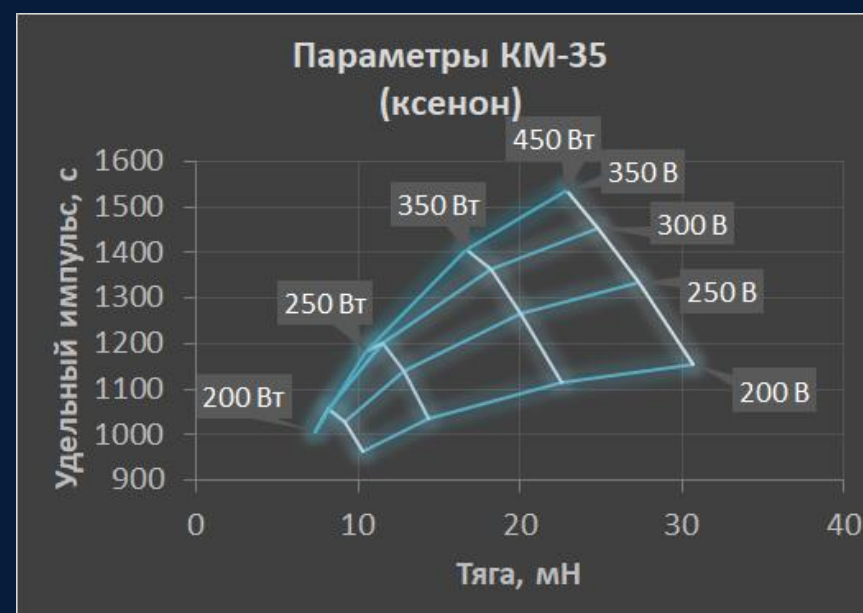
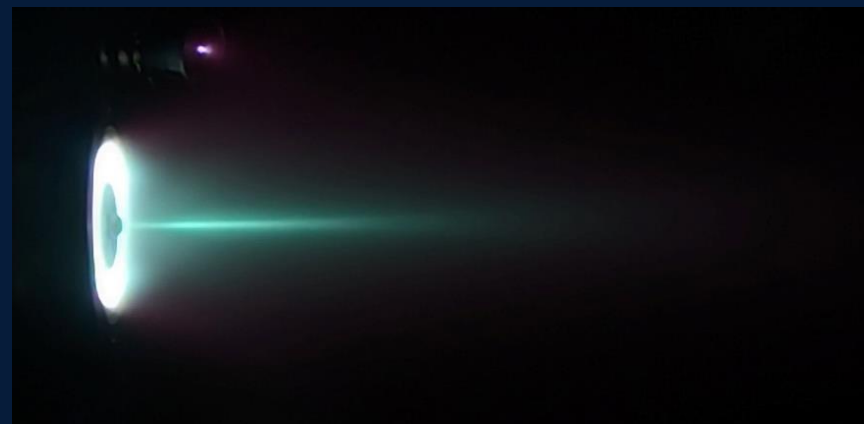
Испытания экспериментального образца ЭРДУ — июль 2025 года

Холловский двигатель КМ-35

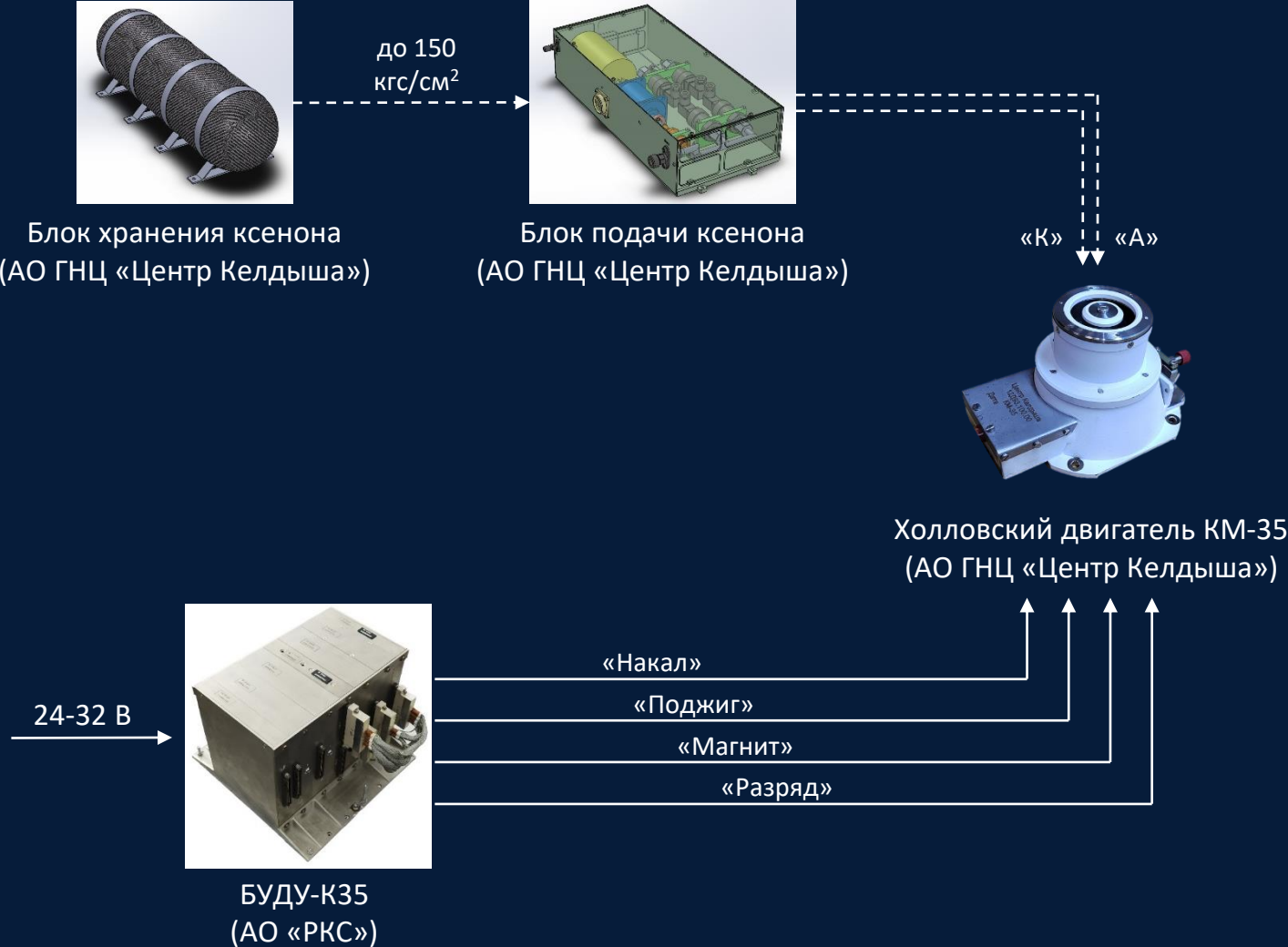


КМ-35

Стадия разработки — завершены огневые стыковочные испытания КМ-35 с БУДУ-К35



Построение двигательной установки



Стыковочные испытания КМ-35 и БУДУ-К35

БУДУ-К35 (АО «РКС»)



Холловский двигатель КМ-35
(АО ГНЦ «Центр Келдыша»)

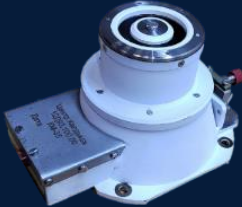


Катод-компенсатор 12P268
(АО ГНЦ «Центр Келдыша»)



Блок управления расходом
(АО ГНЦ «Центр Келдыша»)

КМ-35. Сравнение с аналогами

Параметр	Разработчик и производитель	
	Центр Келдыша	Busek (США)
	КМ-35 	ВНТ-350 
Рабочее тело	Ксенон	Ксенон
Мощность, Вт	350	350
Тяга, мН	17,5	17
Удельный импульс, с	1320 (выше на 10%)	1240
Ресурс, ч	>4000	4000
Масса ксенона на 250 кН·с, кг	21,0 (экономия массы Хе — 1,5 кг)	22,5

Спасибо за внимание!



Михаил Селиванов

Начальник отдела электрофизики
АО ГНЦ «Центр Келдыша»

+7 926 715-65-91

selivanov@kerc.msk.ru

Москва, Онежская улица, д. 8

Тел. +7 (495) 456-46-08 Факс: +7 (495) 456-82-28

kerc@elnet.msk.ru

www.keldysh-space.ru

