

# ИМПУЛЬСНЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Завражин Д.

А.

Группа

Э8-101





# Достоинства и недостатки

## Достоинства:

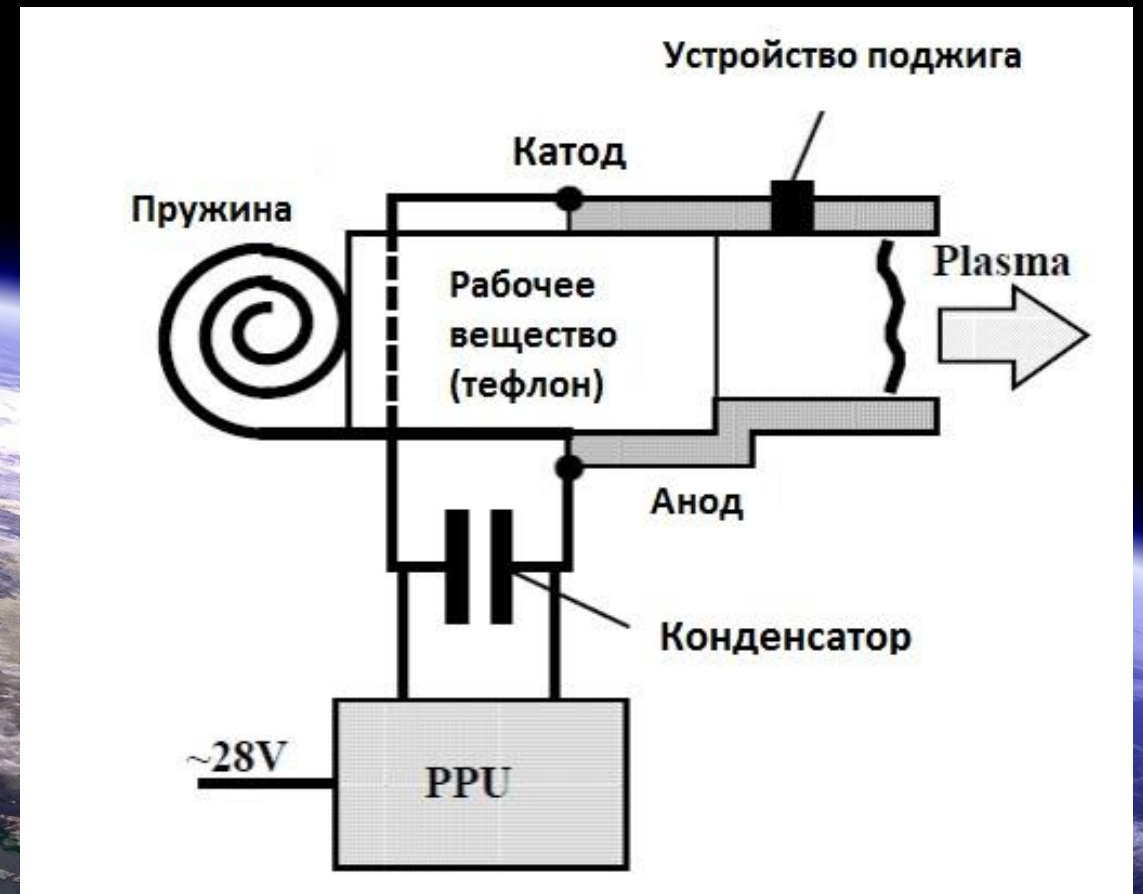
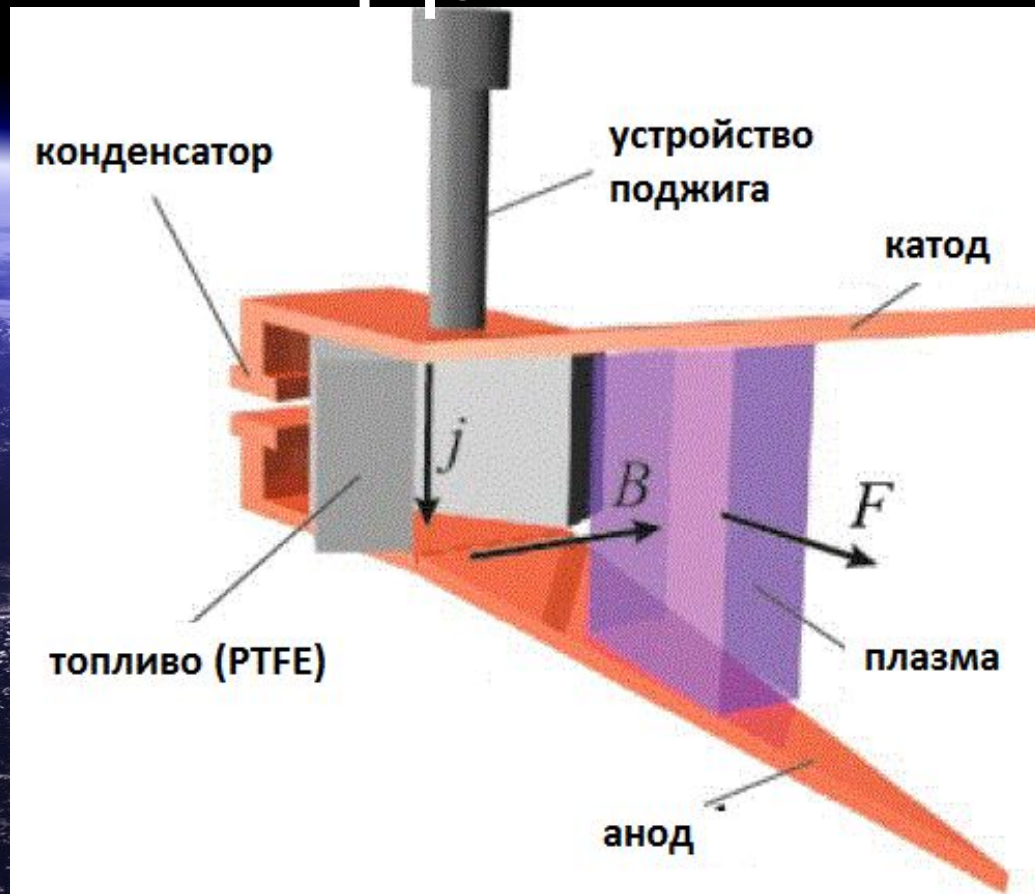
- Работает при низких напряжениях (24 – 30 В)
- Низкая потребляемая мощность (менее 150 Вт)
- Высокая надежность
- Постоянная готовность к работе
- Малая инерционность
- Практически полное отсутствие импульса последствия
- Достаточно высокий ресурс
- Линейный ход тяговой характеристики
- Простота конструкции

## Недостатки:

- Из-за низкой тяговой эффективности (при запасаемой энергии  $\sim 100$  Дж эффективность составляет  $\sim 20\%$ ) используется только на МКА
- Требуются конденсаторы с большими емкостями
- Малая мощность импульса



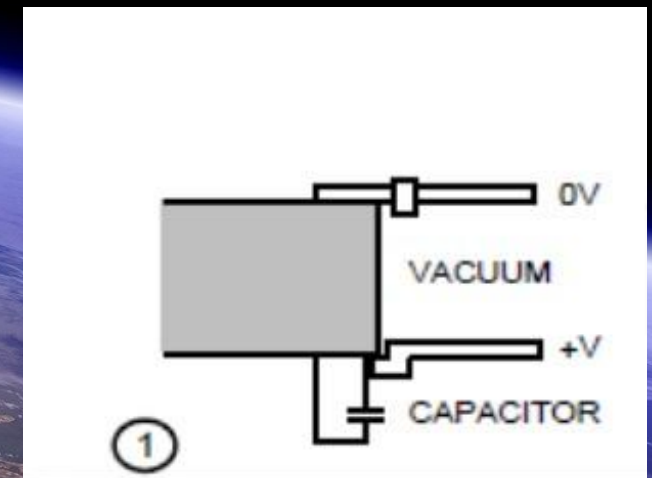
# Конструкция ИПД и общая схема ИПДУ





# Этапы генерации ПЕРВЫЙ ЭТАП

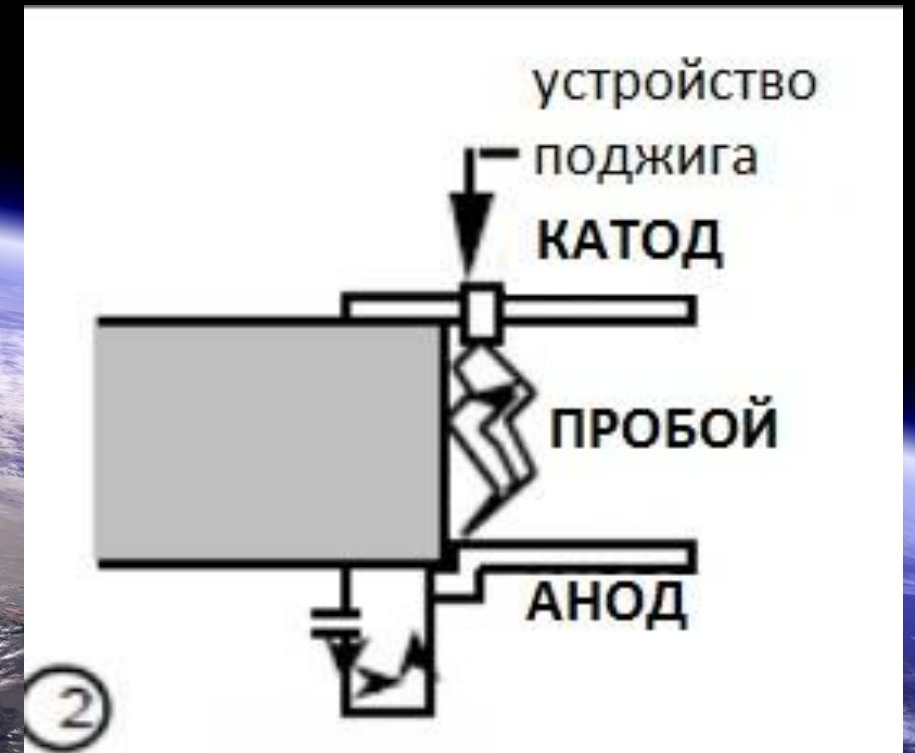
Конденсатор заряжен до максимального значения напряжения.  
Но он не разряжается, так как напряжения недостаточно для пробоя между катодом и анодом.





## ВТОРОЙ ЭТАП

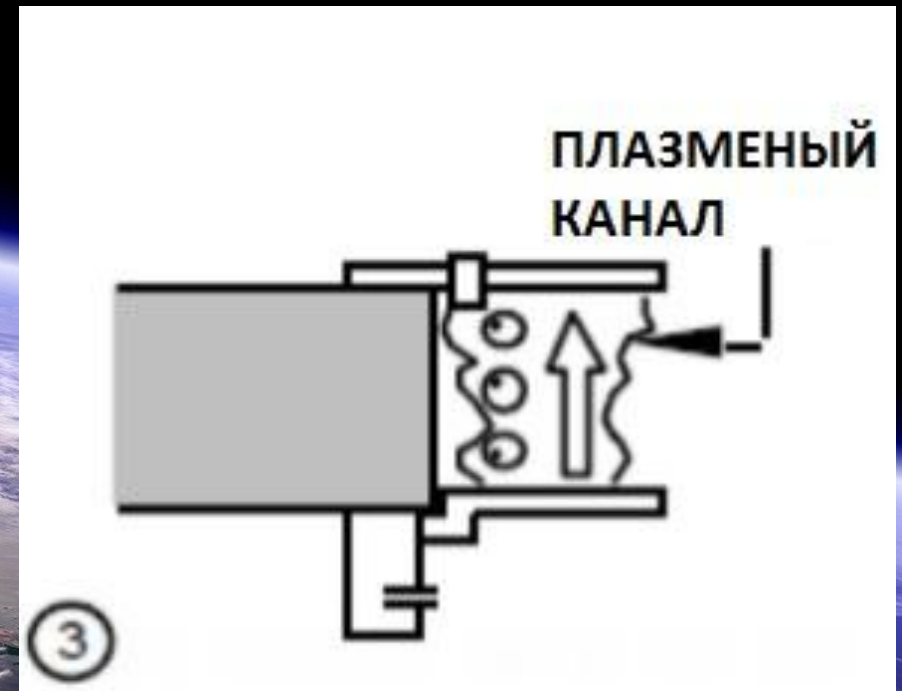
- Устройство поджига генерирует искру, которая обеспечивает пробой.
- Разряд вызывает абляцию (унос вещества с поверхности) верхних слоев тефлона и последующую ионизацию паров материала.
- Конденсатор разряжается.





# ТРЕТИЙ ЭТАП

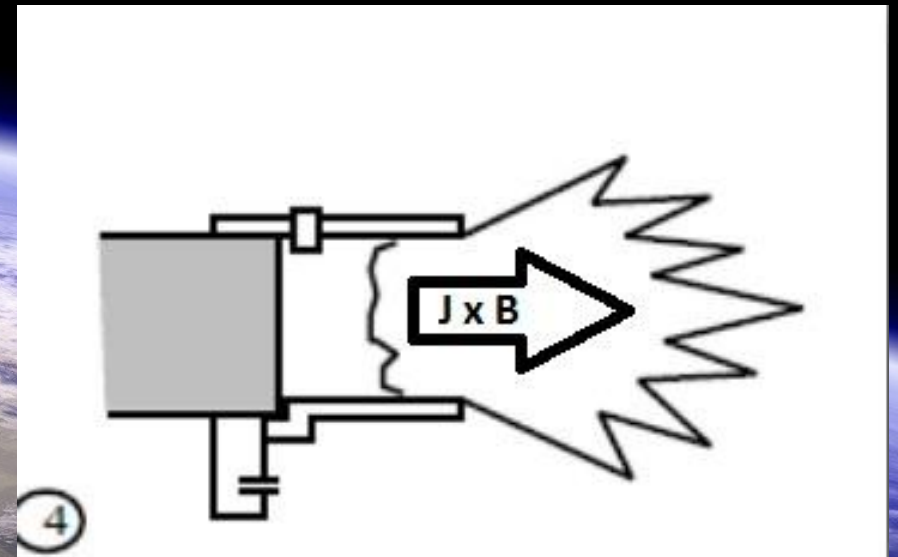
- Основной разряд испаряет и ионизует тефлон переводя его в плазменный жгут (плазменный канал).
- Большие токи в канале генерируют сильное магнитное поле.





# ЧЕТВЕРТЫЙ ЭТАП

- В скрещенных электрическом и магнитном полях на плазму начинает действовать сила Лоренца ( $J \times B$ ).
- Эта сила обеспечивает ускорение и выброс плазмы из сопла двигателя.



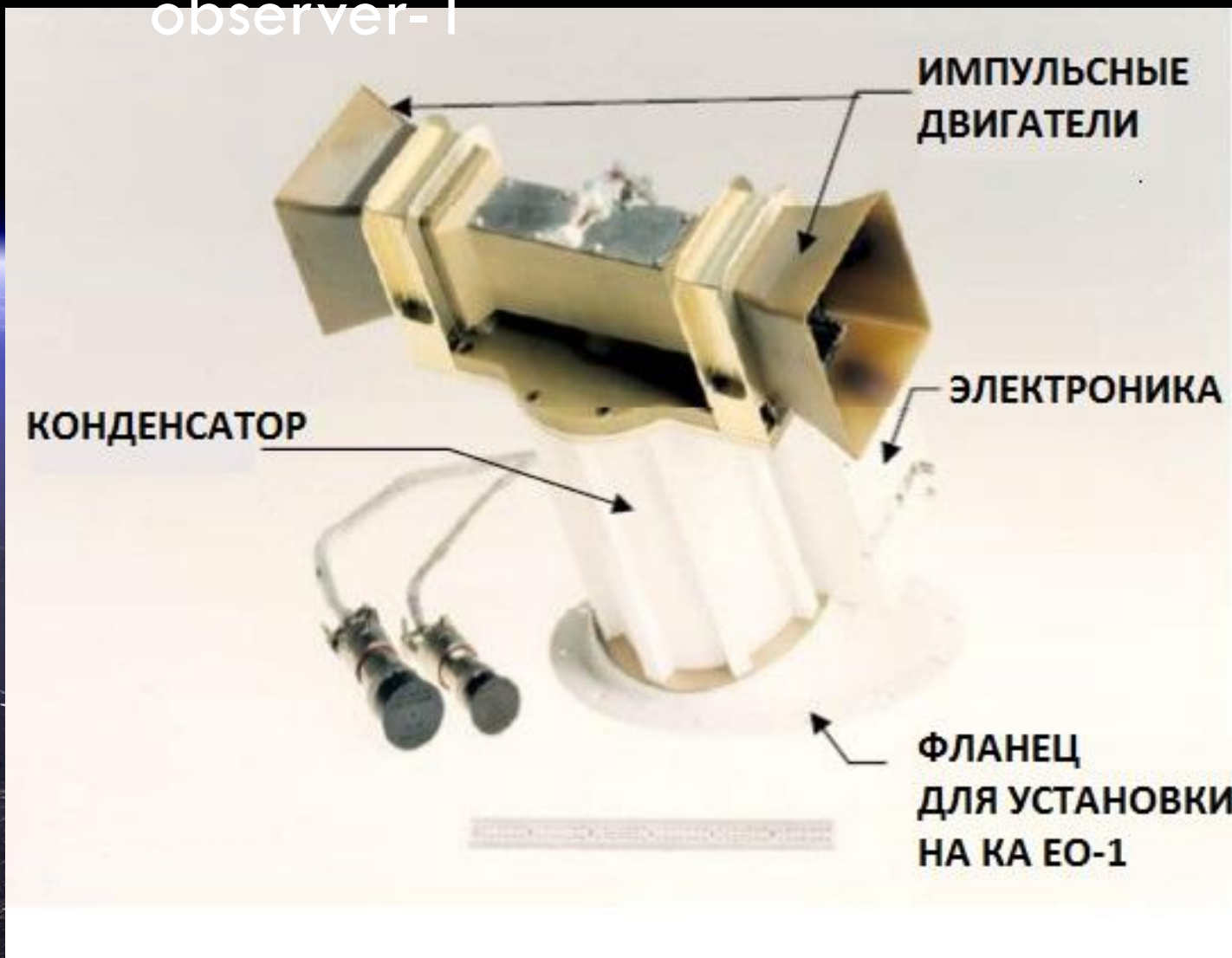


# КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ С ИПД

- Космический аппарат «Зонд 2», запущенный СССР в 1964 году
- Космический аппарат LES-6, запущенный США в 1968 году
- Спутники LES-8 и LES-9, запущенные США в 1976 году
- TIR II и TIR III – США, 1975 и 1976 год соответственно
- Аппараты «Нова-1», «Нова-3» и «Нова-2» – США, 1981, 1984 и 1988 год соответственно
- КА для обзора Земли «Earth Observer – 1» (EO-1), запущенный в 2000 году, использует один двухосный ИПД для управления положением оси и управления импульсом. ИПД для EO-1 был разработан в исследовательском центре Глен NASA и произведен компанией Primex Aerospace Company.



# ИПД аппарата Earth observer-1



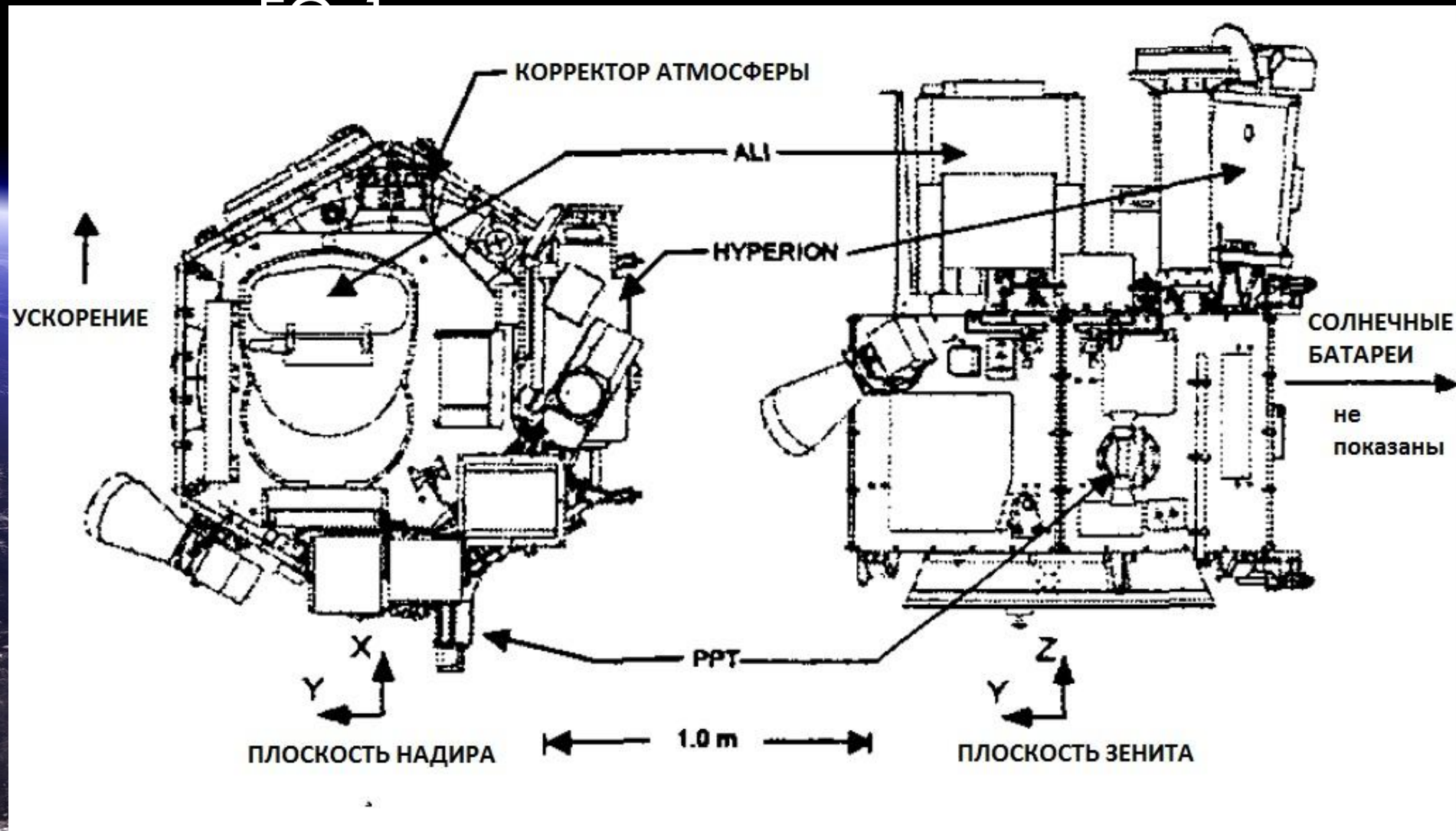


# ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИПД ЕО-1

Единичный импульс	90 – 860 мкН*с
Удельный импульс	650 – 1400 с
Частота импульсов	1 Гц
Энергия главного конденсатора	8,5 – 56 Дж
Энергетический КПД	8%
Общая масса	4,95 кг
Масса топлива	0,07 кг на одну сторону
Суммарный импульс	460 Н-с

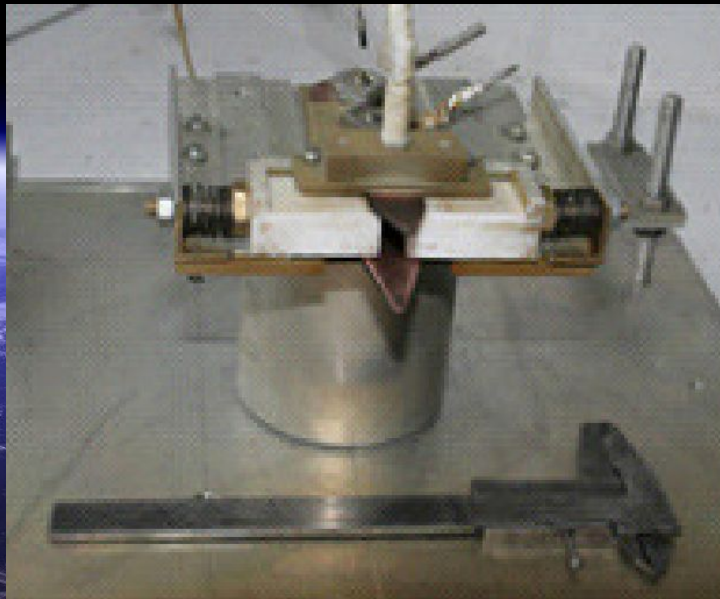


# Схема компоновки спутника

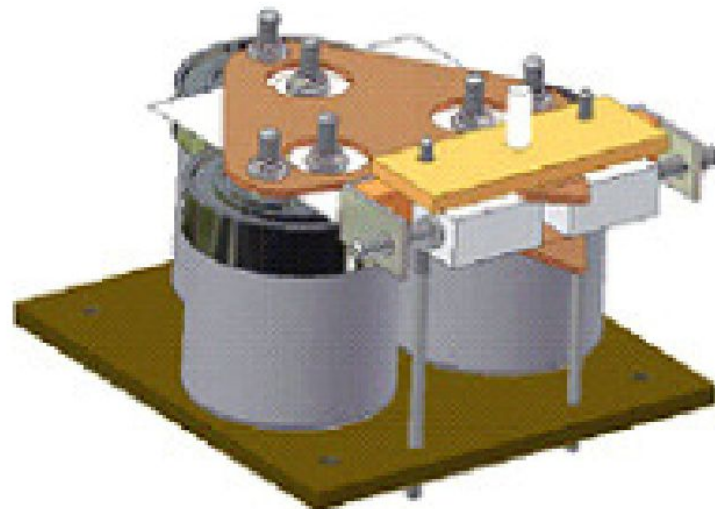




# АИПД разработки НИИ ПМЭ МАИ



АИПД – 8



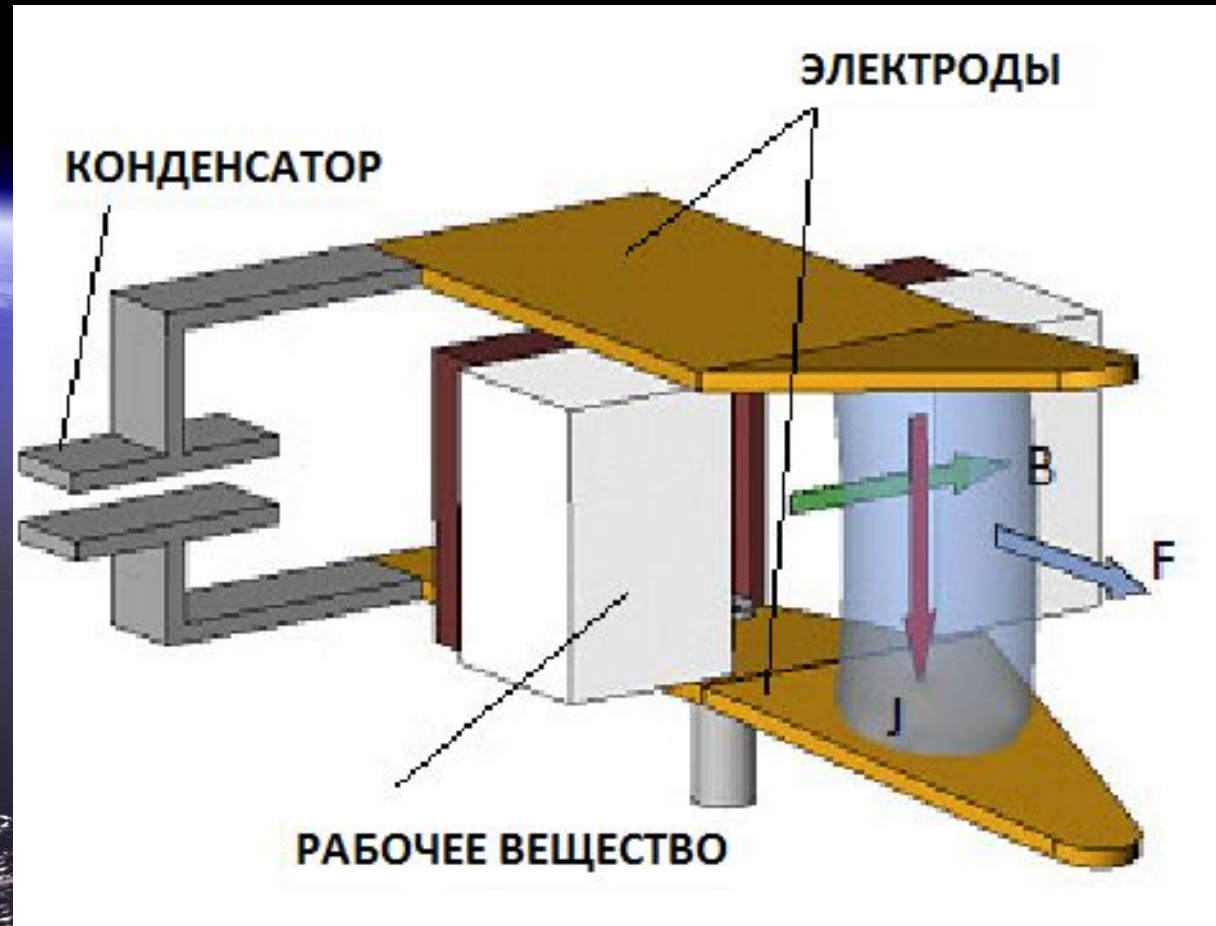
АИПД –  
5-36



АИПД –  
ИТ



# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ИПД РЕЛЬСОВОЙ ГЕОМЕТРИИ С БОКОВОЙ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА



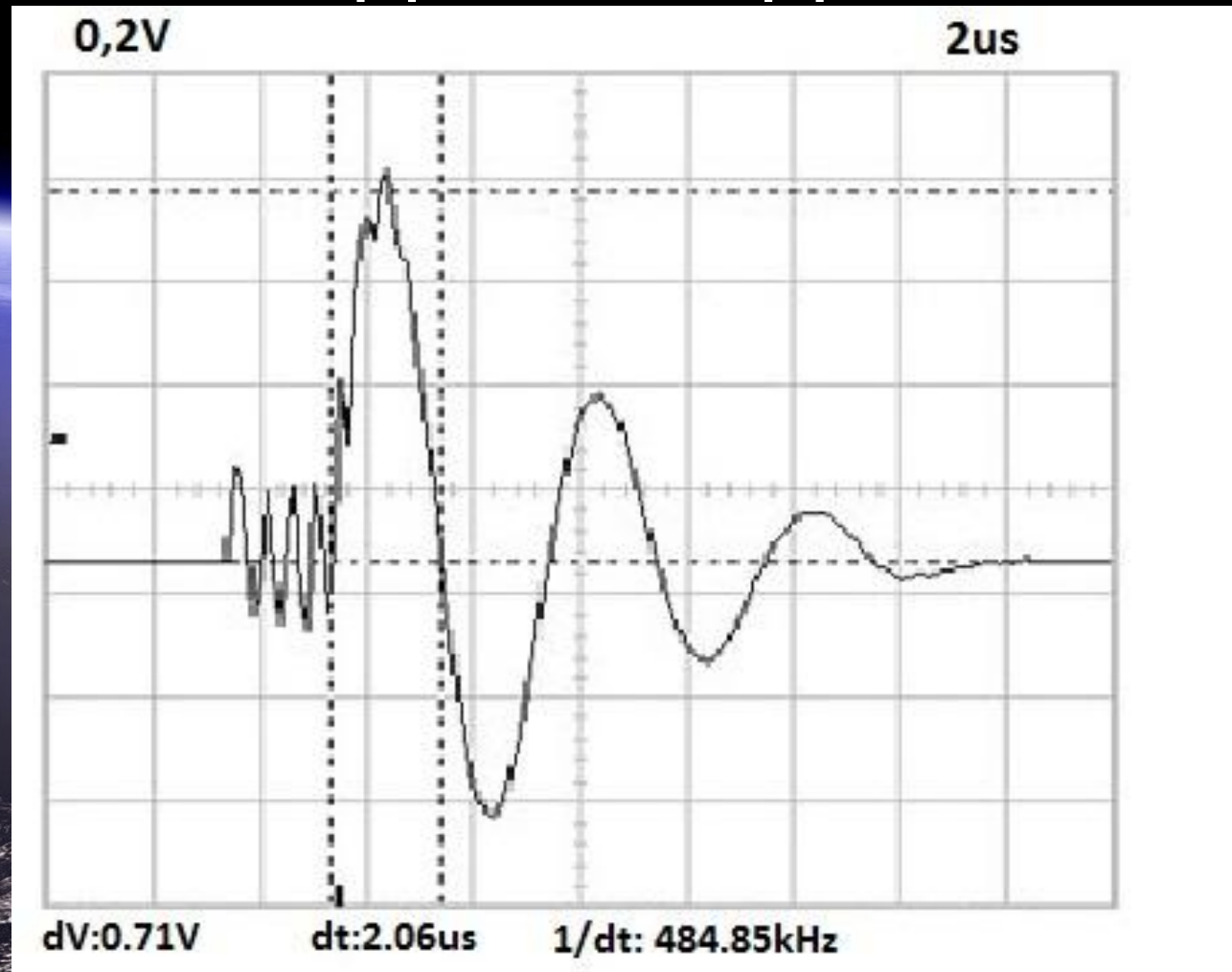


# ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛИ АИПД-5-3Б

Емкость	Напряжение	Частота	Ед. импульс тяги	Энергия	Мощность
C, мФ	U, В	f, Гц	мН*с	J, Дж	N, Вт
4,5	1500	5	0,1120	5,0625	25,3125
4,5	1400	5	0,0932	4,41	22,05
4,5	1300	5	0,0730	3,8025	19,0125
4,5	1200	5	0,0620	3,24	16,2
4,5	1100	5	0,0466	2,7225	13,6125
4,5	1000	5	0,0426	2,25	11,25



# ТИПИЧНАЯ ОСЦИЛЛОГРАММА РАЗРЯДНОГО ТОКА С 5 ПОЛУПЕРИОДАМИ ДЛЯ АИПД-8





# СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ АИПД

	АИПД-8	АИПД-5		АИПД-5-36		АИПД-ИТ	
Энергия разряда, Дж	8,4	4,5	3,8	5,0	3,8	4,6	6,6
Потребляемая мощность, Вт	42,2	22,5	16,9	25	19	9,2	13,2
Единичный импульс тяги, мН·с	0,14	0,06	0,05	0,11	0,07	0,07	0,11
Расход рабочего вещества, мкг/импульс	33,7	не изм.	12,7	35,3	21,0	15,7	21,4
Удельный импульс, км/с	4,15	не изм.	3,94	3,12	3,33	4,46	5,14
Тяговая эффективность, %	3,4	не изм.	2,6	3,5	3,1	3,4	4,3



# ФОРМА ВЫРАБОТКИ ШАШЕК



АИПД –  
5-36



АИПД –  
ИТ

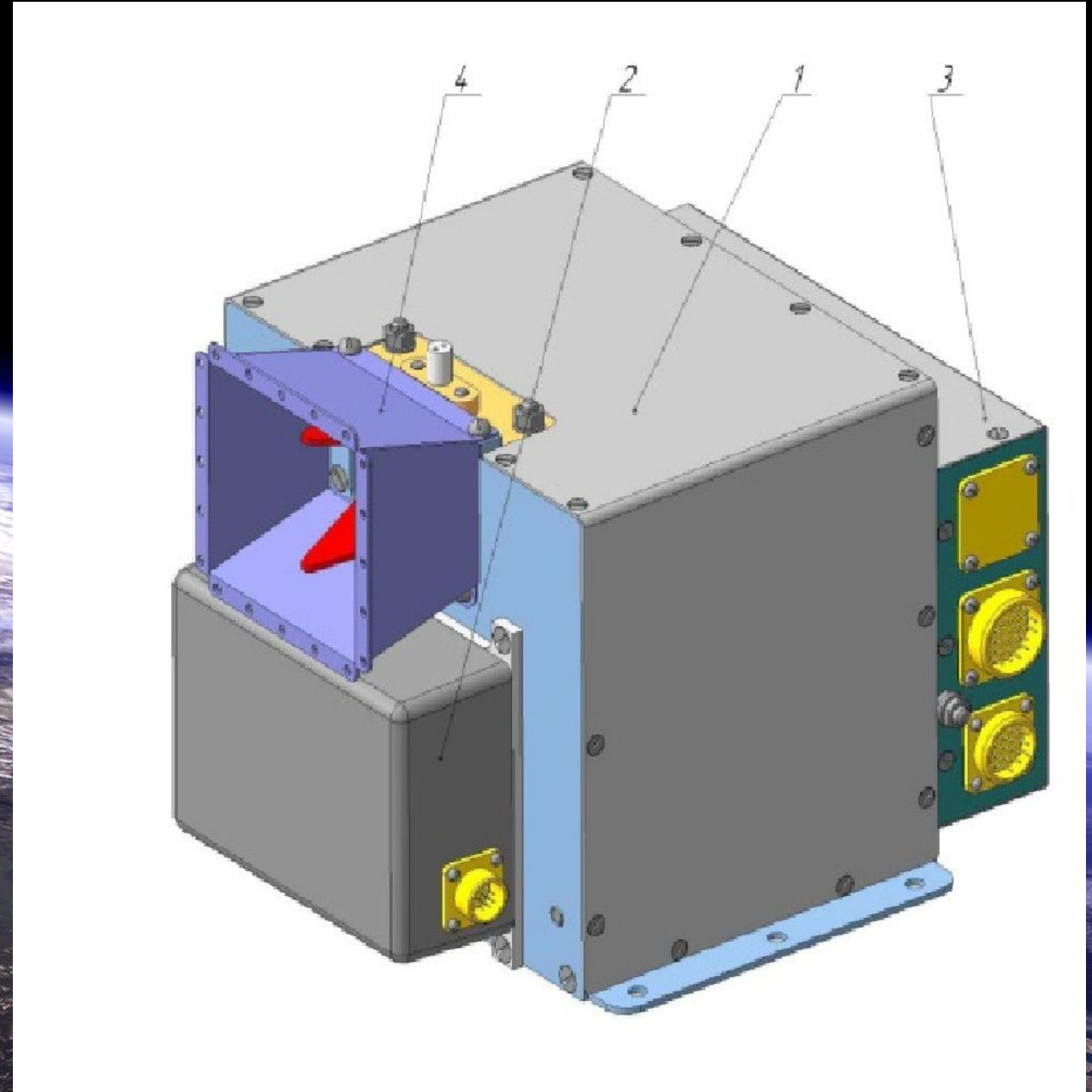


# ВНЕШНИЙ ВИД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ДУ ИПД-120

- 1 – блок накопителя энергии
- 2 – блок инициирования разряда
- 3 – система питания и управления

## 4 – Характеристики ДУ

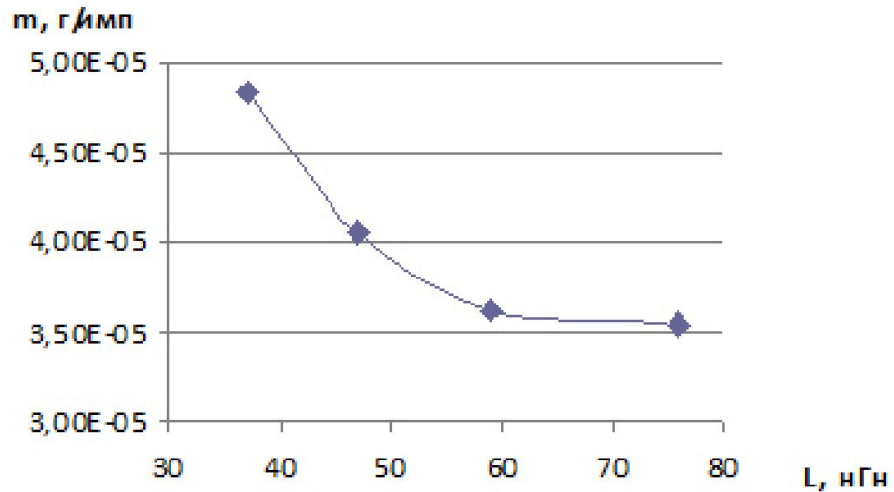
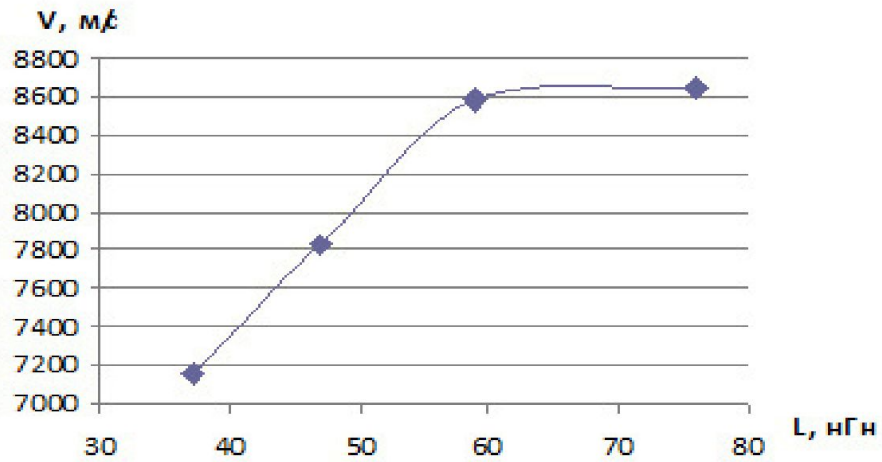
ИПД-120 Энергия разряда	20 Дж
Единичный импульс тяги	0,345 мН·с
Потребляемая мощность	60 Вт
Средняя тяга	0,909 мН
Рабочее тело	Фторопласт-4
Ресурс по запасу рабочего тела	$2 \cdot 10^6$ имп





# ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ИНДУКТИВНОСТИ

Зависимость удельного импульса от  
индуктивности



Зависимость расхода за один  
импульс от индуктивности



Тип двигателя	Абляционный импульсный плазменный двигатель (АИПД)							
Фирма	НИИ ПМЭ МАИ							
Наименование двигателя	АИПД-8	АИПД-5	АИПД-5-3		АИПД-ИТ			ИПД-120
Уровень разработки	Лабораторная модель							Экспериментальный образец
Рабочее вещество	Фторопласт – 4 (тефлон)							
Энергия разряда, Дж	8,4	4,5	3,8	5,0	3,8	4,6	6,6	20
Потребляемая мощность, Вт	42,2	22,5	16,9	25	19	9,2	13,2	60
Единичный импульс тяги, мН·с	0,14	0,06	0,05	0,11	0,07	0,07	0,11	0,345
Удельный импульс, с	423	-	402	315	340	455	425	727 ~ 867
Тяговая эффективность, %	3,4	-	2,6	3,5	3,1	3,4	4,3	-
Расход рабочего вещества, г/импульс	33,7	-	12,7	35,3	21,0	15,7	21,4	-



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

