Paragon/Hybris, проект ВНХ-Энерго

Алексей Васильевич Колычев, старший научный сотрудник БГТУ «Военмех»

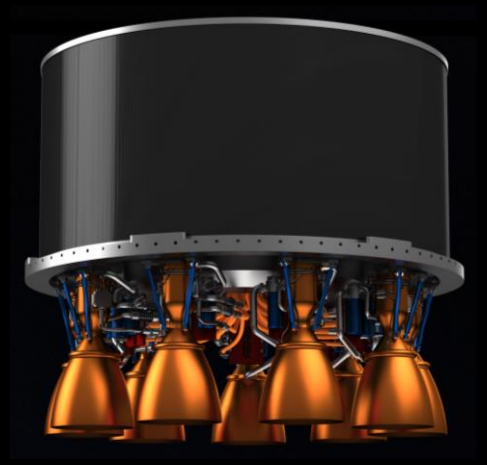
Задача РН СЛК
Построение и прецизионное замещение КА группировок спутникового интернета

- Starlink от SpaceX (~40000 КА)
- «Сфера» от Роскосмоса (~600 КА)
- OneWeb от Airbus (~600 КА)
- Kuiper Systems от Amazon (~3236 КА)
- Facebook (?)

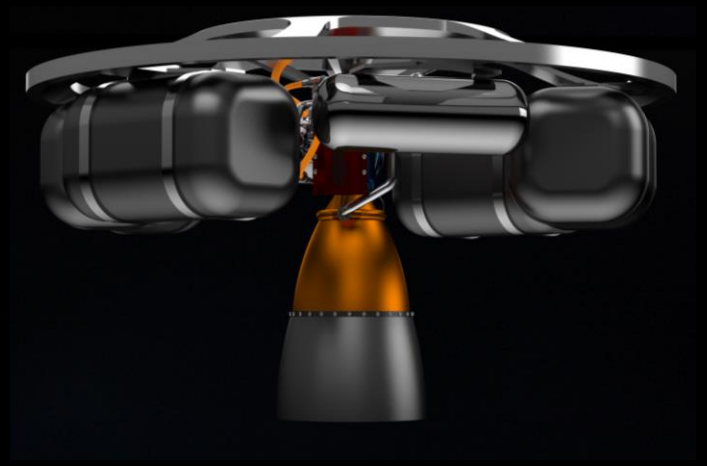
Paragon/Hybris

РН СЛК «Paragon»

Блок с ЭНА



Двигательный блок второй ступени



Классические сопла

ТНА

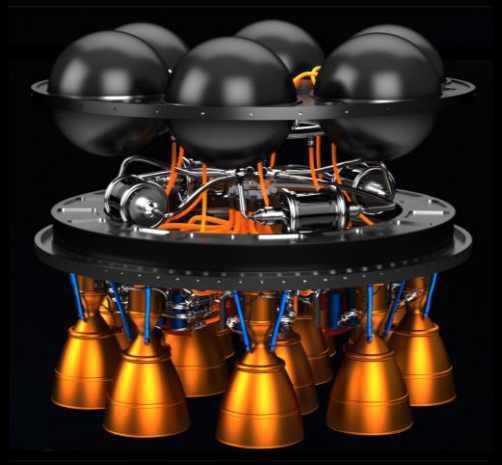
Масса СЛРН, кг: 13500
Длинна, м: 15
Диаметр, м: 1.5
Масса ПН на орбиту 500/500 км, кг: 250
Компоненты топлива: метан/ЖК
Система подачи: электронасосная
Материал отсеков: углепластик
Удельный импульс ДУ 1 ступени, м/с : 3200/3500
Удельный импульс ДУ 2 ступени, м/с : 3750

Достоинства:

1. *Повышенная надежность* за счет применения серийно производимых *батарей и электронасосов* (отработанная технология) взамен критических элементов (турбина ТНА и газогазогенератор)
2. *Экологически чистые* компоненты топлива с перспективой многократного применения ступеней
3. Применение *высоконадежных* классических сопел
4. Цена для заказчика: 3,3-5 млн. долл.
5. *Повышенная надежность* за счет применения 16 ДУ по 1.2 тс

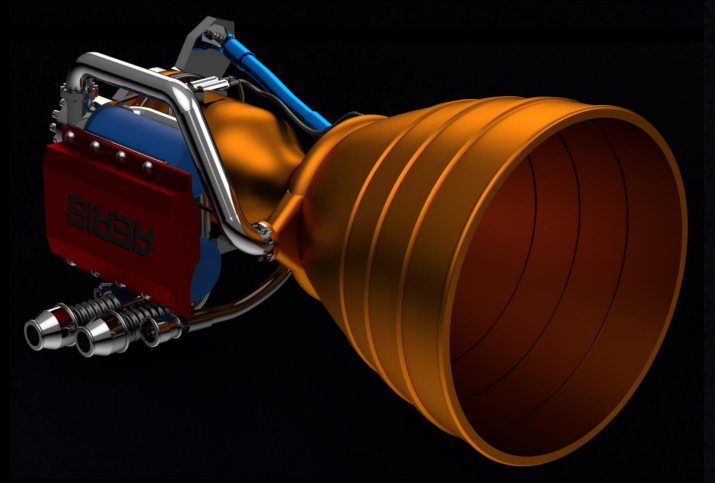
РН СЛК «Hybris»

Блок Турбогенераторный



Двигательный блок второй ступени с ЭНА

Щелевые сопла



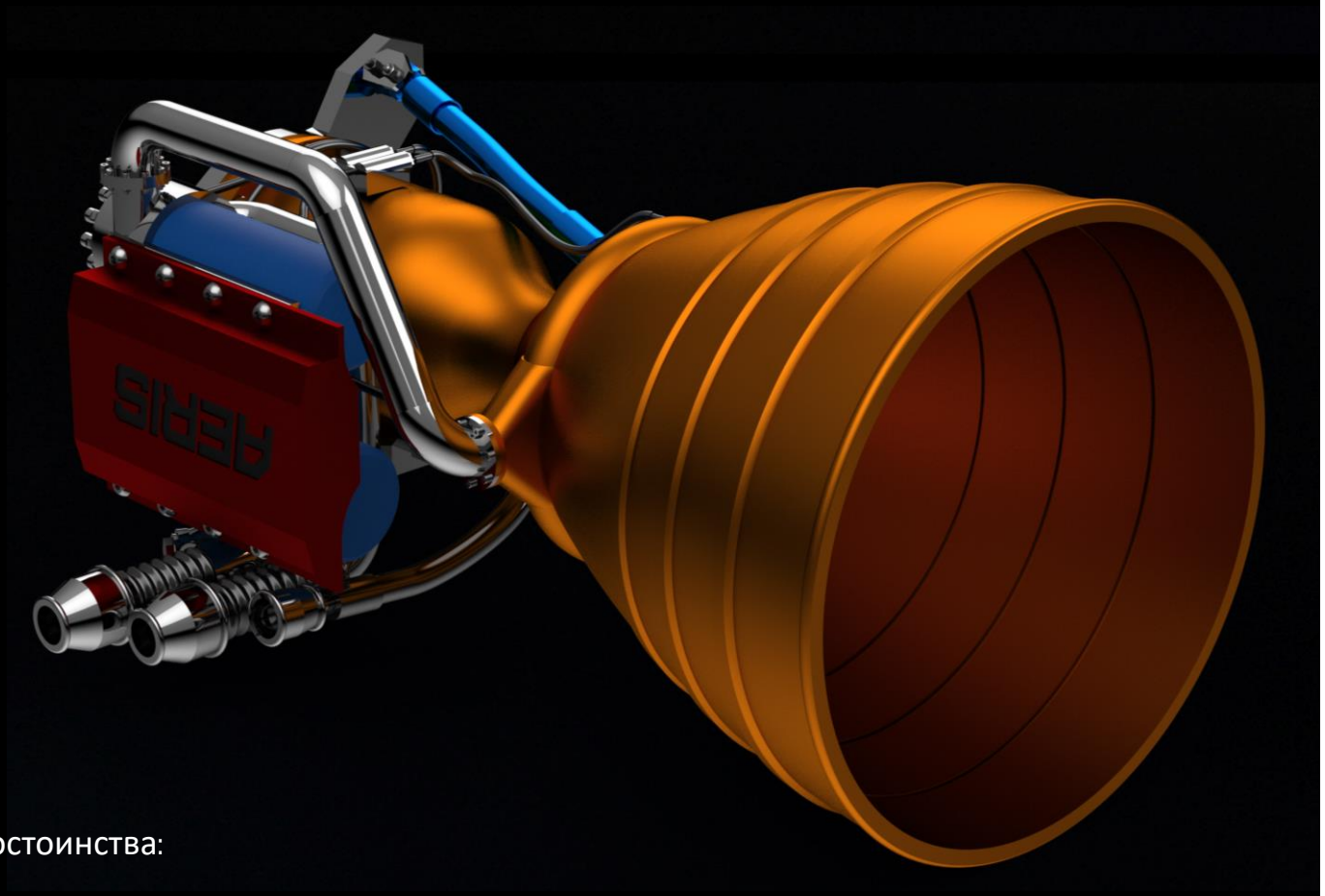
ТТХ

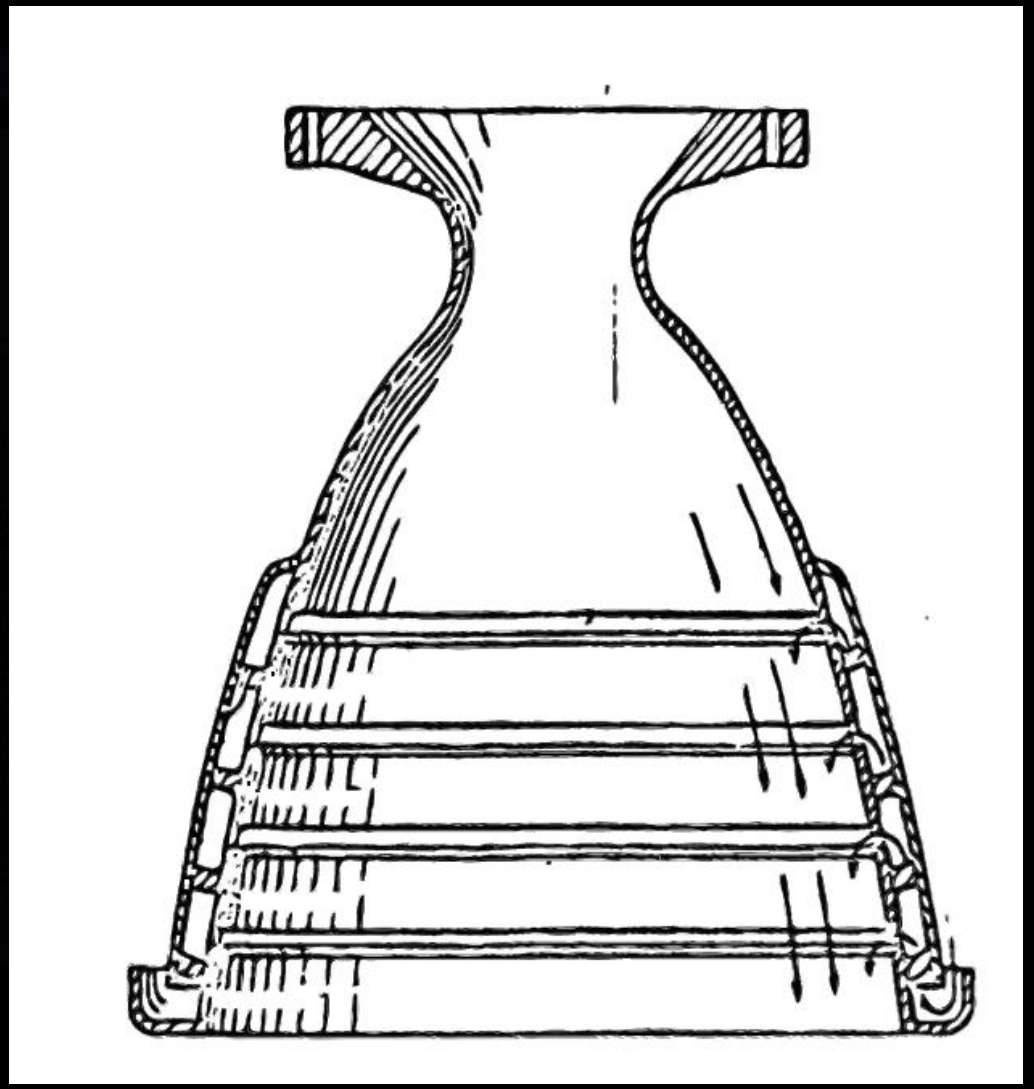
Масса СЛРН, кг: 11500
Длинна, м: 14
Диаметр, м: 1.5
Масса ПН на орбиту 500/500 км, кг: 250
Компоненты топлива: метан/ЖК
Система подачи: турбогенераторная
Удельный импульс ДУ 1 ступени, м/с : 3400/3650
Удельный импульс ДУ 2 ступени, м/с : 3750

Достоинства:

1. *Повышенная надежность и уменьшенная масса* за счет применения разработанных *турбогенераторов* (отработанная технология) взамен критических элементов (турбина ТНА и газогенератор)
2. *Экологически* чистые компоненты топлива с перспективой многократного применения ступеней
3. *Уменьшенная масса за счет* применения *щелевых* сопел *с повышенным удельным импульсом на 10-15 %.* (Щелевые сопла длительно исследовались в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, накоплен задел)
4. Цена для заказчика: *3-4,4 млн. долл.*
5. *Повышенная надежность* за счет применения 14 ДУ по 1.2 тс

Щелевые сопла





Достоинства:

1. Увеличение удельного импульса ДУ первой ступени *на 10-15 %*
2. *Накоплен сущесветнный научный задел* в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
3. Масса РН СЛК уменьшается в среднем на 2000 кг, что приводит к уменьшению стоимости разработки, создания и эксплуатации РН СЛК примерно на 10%

Экономика (рассчитанная по методике SOLSTICE)

	Paragon	Hybris	Electron
Стоимость первого запуска в ценах РФ, млн. долл.	6	5,3	нд
Стоимость программы в ценах РФ, млн. долл.	36,5	32,5	48 (75 млн. долл. из не офф. ист-в)
Стоимость услуги для заказчика в , млн. долл. при норме прибыли	8%	8%	нд
При 100 планируемых запусках	5	4,4	5-8
При 600 планируемых запусках (проект «Сфера»)	3,5	3,1	нд
При 800 планируемых запусках (проект «Сфера» +)	3,3	3	Нд
Стоимость вывода 1 кг ПН, долл. США	13200-20000	12000-17600	25000-40000

ВЫВОДЫ

1. Предложена концепция «электрической» ракеты с двумя вариантами системы подачи топлива
2. Основными их особенностями являются:

- Электронасосная система подачи компонент с приводами, питаемыми от *батарей* (Paragon) или от *турбогенераторов* (Hybris)
- Компоненты топлива: метан / жидкий кислород – *экологически чистые*
- Возможность применения *аддитивных технологий* при создании ДУ первой и второй ступени
- Повышенная надежность за счет исключения таких критических и сложных в разработке элементов как турбина ТНА и газогенератор

3. Цена запуска для заказчика может достигать величины *3 млн. долл.* при планируемом количестве запусков в *800 единиц*, что может быть достигнуто за счет формирования проекта «Сфера» и дальнейшего его сопровождения в части замещения вышедших из строя КА. Цена может быть уменьшена за счет иностранных заказчиков
4. Стоимость программы разработки РН СЛК оценивается в сумму от *32 до 36 млн. долл.*