



**Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана**

**Предложения по созданию российской
ракеты-носителя сверхлёгкого класса.
Основные подходы.**

Москва, 2020



2. Концепция двигательных установок



Первая ступень – двенадцатикамерный ЖРД

Окислитель – кислород;
Горючее – СПГ;
Соотношение компонентов – 3,5;
Система подачи – электронасосная;
Тяга общая стартовая – 28600 кг;
Тяга одной камеры стартовая – 2380 кг;
Масса общая – 1025 кг;
Удельный импульс пустотный – 3554 м/с
Удельный импульс стартовый – 3170...3210 м/с;

Вторая ступень - однокамерный ЖРД

Окислитель – кислород;
Горючее – СПГ;
Соотношение компонентов – 3,5;
Система подачи – электронасосная;
Тяга – 2700 кг;
Масса – 120 кг;
Удельный импульс пустотный – 3554 м/с

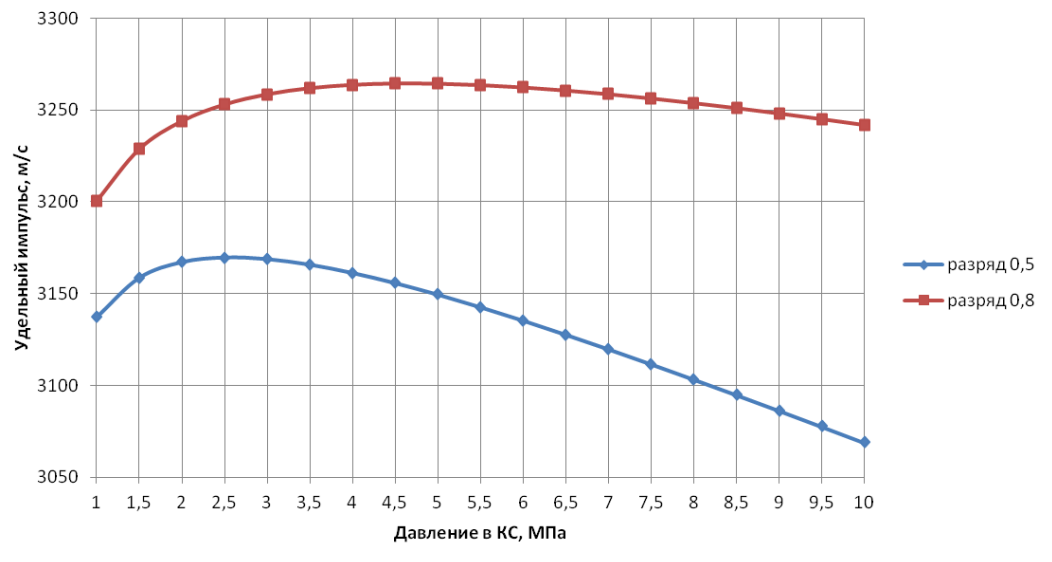
Основные особенности:

1. Унификация двигателей 1 ст и 2 ст по КС;
2. Электронасосная СП;
3. Сброс АБ по мере разряда;
4. Дросселирование тяги за счёт ЭНСП;

Применение многокамерного ЖРД на первой ступени позволяет унифицировать конструкцию ДУ первой и второй ступени по камере, но существенно снизить массу ДУ первой ступени за счёт общего насосного узла.



3. Оптимизация характеристик ДУ с учётом особенностей ЭНСП

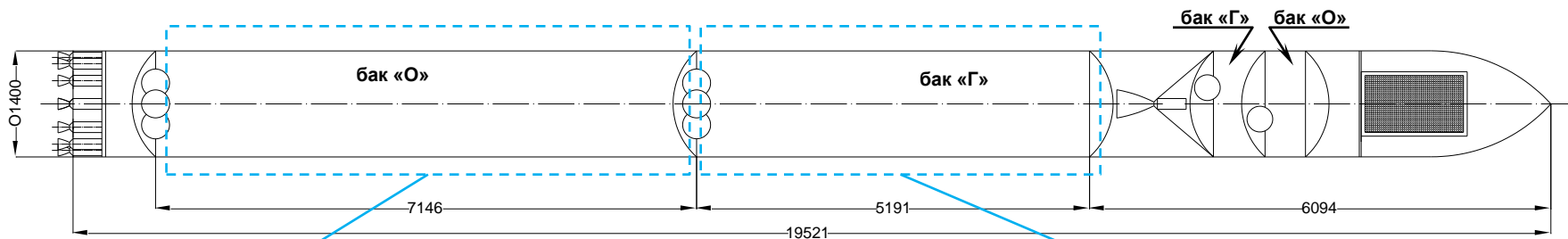


Базовые характеристики ДУ и СП		
КПД насосов	0,65	0,7
КПД электромоторов	0,85	0,9
Энергоёмкость АБ, Вт*час/кг	160	200
Степень разряда батарей	0,5	0,8
Пустотный удельный импульс, м/с	3554	3554
Оптимальные параметры:		
Давление в камере сгорания, МПа	2,52	6,18
Удельный импульс, м/с	3169	3206
Относительная масса АБ,%	4,2	2,5

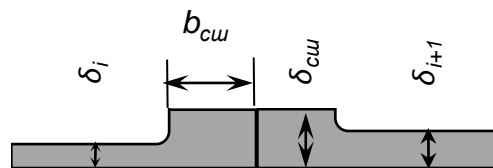
Величина давления в КС и относительная масса АБ оптимизируются по критерию достижения максимального удельного импульса в зависимости от базовых характеристик



4. Оптимизация конструкции баков 1-й ступени



Число поясов	4
Длина пояса, м	1,79
Номер пояса	Толщина пояса, мм
1	2,10
2	2,60
3	3,20
4	3,80



Число поясов	2
Длина пояса, м	2,60
Номер пояса	Толщина пояса, мм
1	1,80
2	2,10

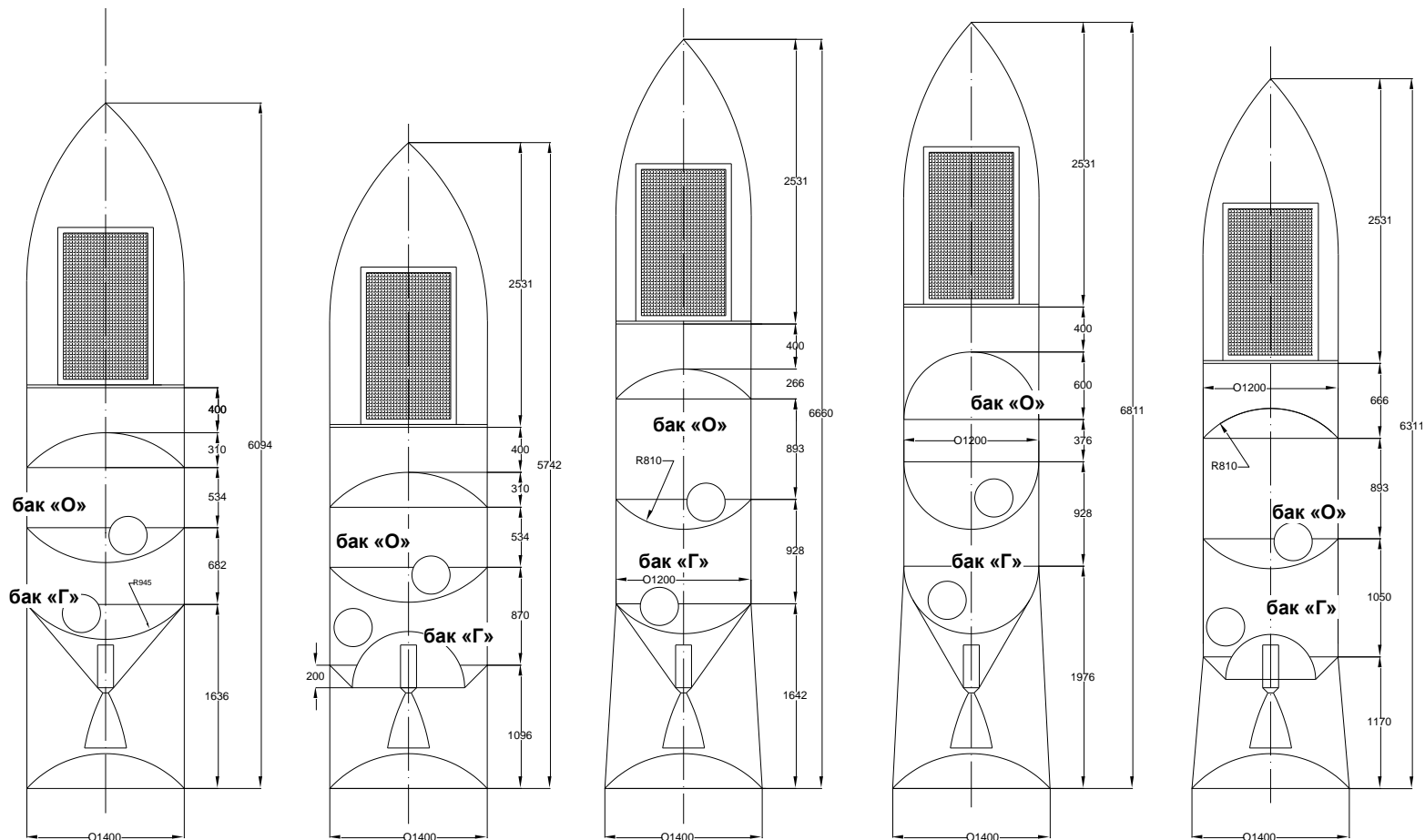
Расчеты выполнены при $b_{сш} = 50$ мм и $\delta_{сш} = 4$ мм

Конструкция алюминиевого бака оптимизируется по массе за счёт включения в её состав оптимального числа поясов обечайки переменной толщины

Вид обечайки	Масса обечайки, кг	
	Нижнего бака	Верхнего бака
Постоянной толщины	315,5	128,8
С непрерывно изменяемой толщиной	215,0	106,4
С дискретно изменяемой толщиной	247,7	122,3



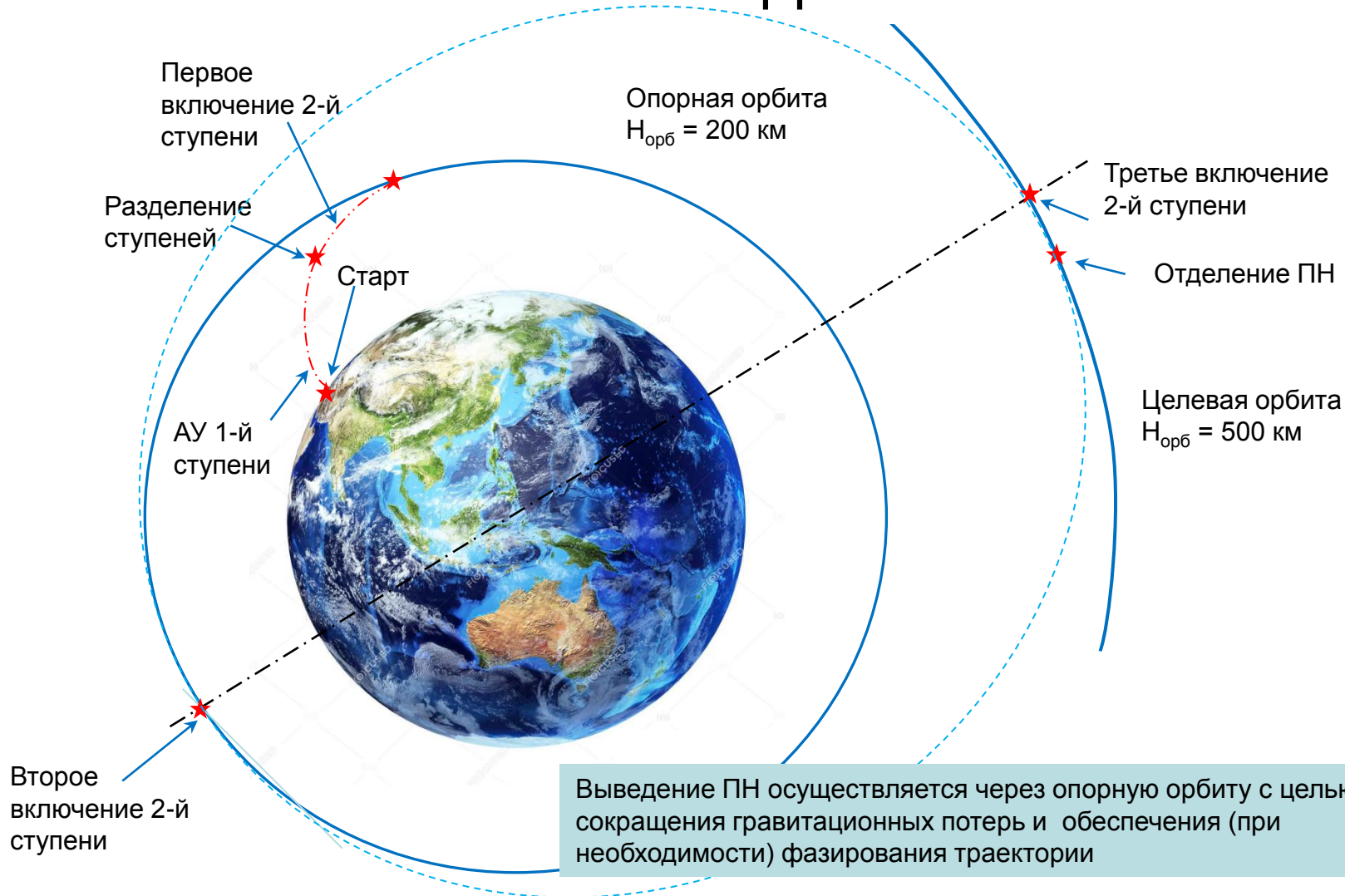
5. Варианты конструкции второй ступени



Прорабатываются разные конструктивные варианты второй ступени для нахождения наиболее удобного конструктивного решения.

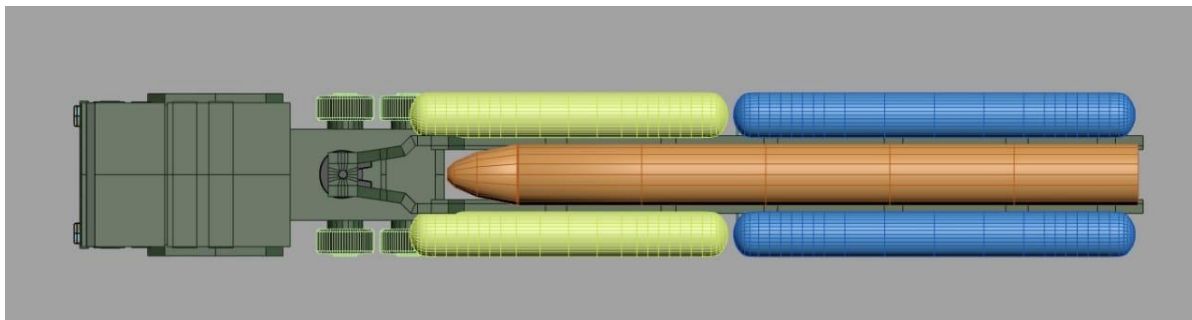
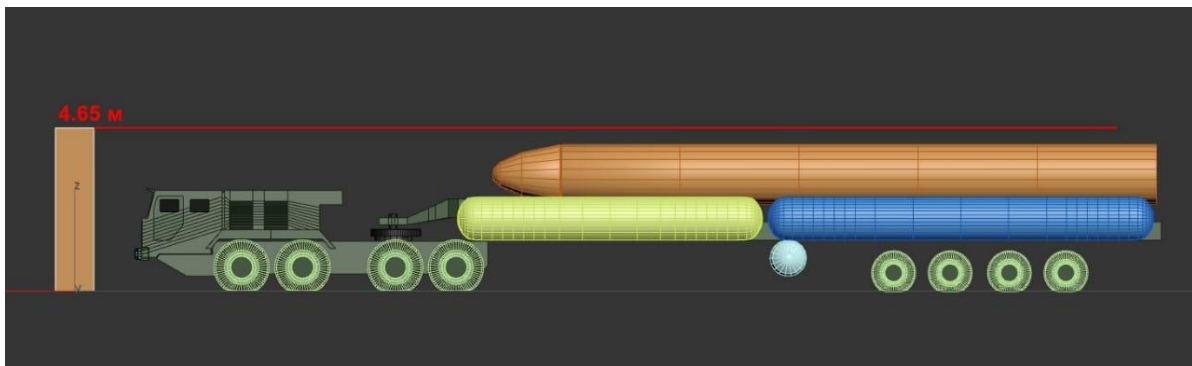


6. Схема выведения





7. Стартовая установка



	Вариант	Аналог
1.	Мобильная пусковая установка	«Старт – 1»
2.	Быстровозводимый стационарный комплекс	Skystora-XL
3.	Пусковая установка на океанском судне	аналогов нет

Рассматриваются три варианта осуществления старта, в качестве базового варианта прорабатывается мобильная пусковая установка



Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Основные характеристики РН

Стартовая масса, кг	20000
Удельный импульс:	
- 1 ступени на Земле, м/с	3113
- 1 ступени в пустоте, м/с	3425
- 2 ступени в пустоте, м/с	3600
Запас $V_{хар}$ 1 ступени, м/с	4797
Запас $V_{хар}$ 2 ступени, м/с	4590
Суммарная $V_{хар}$, м/с	9387
Стартовая тяговооруженность 1 ст	1,43
Стартовая тяговооруженность 2 ст	1,09
Время работы 1 ступени, с	167
Время работы 2 ступени, с	241
Тяга ДУ 1 ступени (стартовая), кг	28600
Масса ДУ 1 ступени, кг	1025
Число двигателей 1 ступени	12
Масса топлива 1-й ступени, кг	15000
Масса топливных баков 1 ступени, кг	874
Масса системы наддува 1 ступени, кг	127
Масса переходного отсека 1 ступени, кг	111
Масса хвостового отсека, кг	55
Масса прочих частей 1 ступени, кг	436
Масса головного обтекателя	50



Масса 2-й ступени, кг	2512
Тяга ДУ 2 ступени, кг	2700
Масса ДУ 2 ступени, кг	120
Число двигателей 2 ступени	1
Масса топлива 2-й ступени, кг	1845
Масса топливных баков 2 ступени, кг	128
Масса системы наддува 2 ступени, кг	22
Масса переходного отсека 2 ступени, кг	25
Масса прочих частей 2 ступени, кг	125
Масса адаптера ПН, кг	15
Масса ПН	250
Удельная масса ПН	0,0125

Приведенные характеристики просчитаны для максимального варианта (стартовая масса 20 т) и носят предварительный характер



Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Возможная кооперация

