



Всероссийская студенческая конференция
«СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУЧНАЯ ВЕСНА»,
посвящённая 170-летию В.Г. Шухова

СЕКЦИЯ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО
ФАКУЛЬТЕТА МГТУ ИМ. Н. Э.
БАУМАНА



МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ЗАПУСК МНОГОРАЗОВЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ STARSHIP

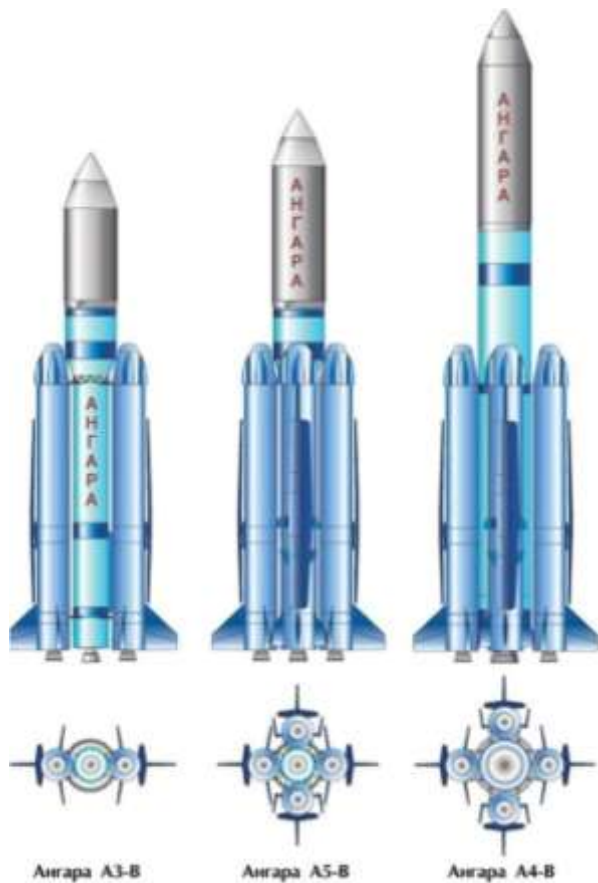
Автор:

студент группы АК4-101 **Сулейманов Ринат Радикович**

Руководитель:

к.т.н., доцент каф. ИБМ-2 **Бадиков Григорий Александрович**

АКТУАЛЬНОСТЬ



Ракеты-носители семейства "Ангара"



Многоразовый корабль
от НПО "Молния"



Космический корабль
«Буран» (СССР)

ЗАДАЧИ:

- Разработать экономическую модель затрат на запуск полностью многоразовых комплексов: ракета-носитель и космический корабль, учитывающую увеличение скорости роста затрат на ремонт во времени.
- Выполнить моделирование затрат на запуск многоразовых комплексов при 20, 100, 500, 1000 запусках в год и числе повторных запусков 10, 50, 100, 500, 1000.
- Рассчитать эффективность инвестиционных проектов, приняв затраты на разработку в качестве единовременных инвестиций в год, предшествующий первому году эксплуатации.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

$$C_{з,k} = C_{p,k} + C_{u,k} + C_{n,k} + C_{в,k} + C_{r,k} + C_{с,k}$$

$$C_{p,k} = \frac{1}{L} \cdot \frac{i \cdot \left[C_0(1+i)^{k-1} + \sum_{m=1}^{k-1} (S_m - C_m \cdot L_m) \cdot (1+i)^{k-1-m} \right]}{1 - (1+i)^{-(N-k+1)}}$$

$$C_{u,k} = \frac{M}{L} \cdot \sum_{t_1 = \frac{L}{M}(k-1)+1}^{\frac{L \cdot k}{M}} (Z_2 + (Z_1 - Z_2 + P_1) \cdot t_1^{B-1})$$

$$C_{n,k} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{t_2 = L(k-1)+1}^{L \cdot k} (Z_4 + (Z_3 - Z_4 + P_2) \cdot t_2^{B-1})$$

$$C_{r,k} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{t_1 = \frac{L}{M}(k-1)+1}^{\frac{L \cdot k}{M}} \sum_{t_3=1}^M (0.005 \cdot C_{u,k,t_1} \cdot t_3^{B_1-1})$$

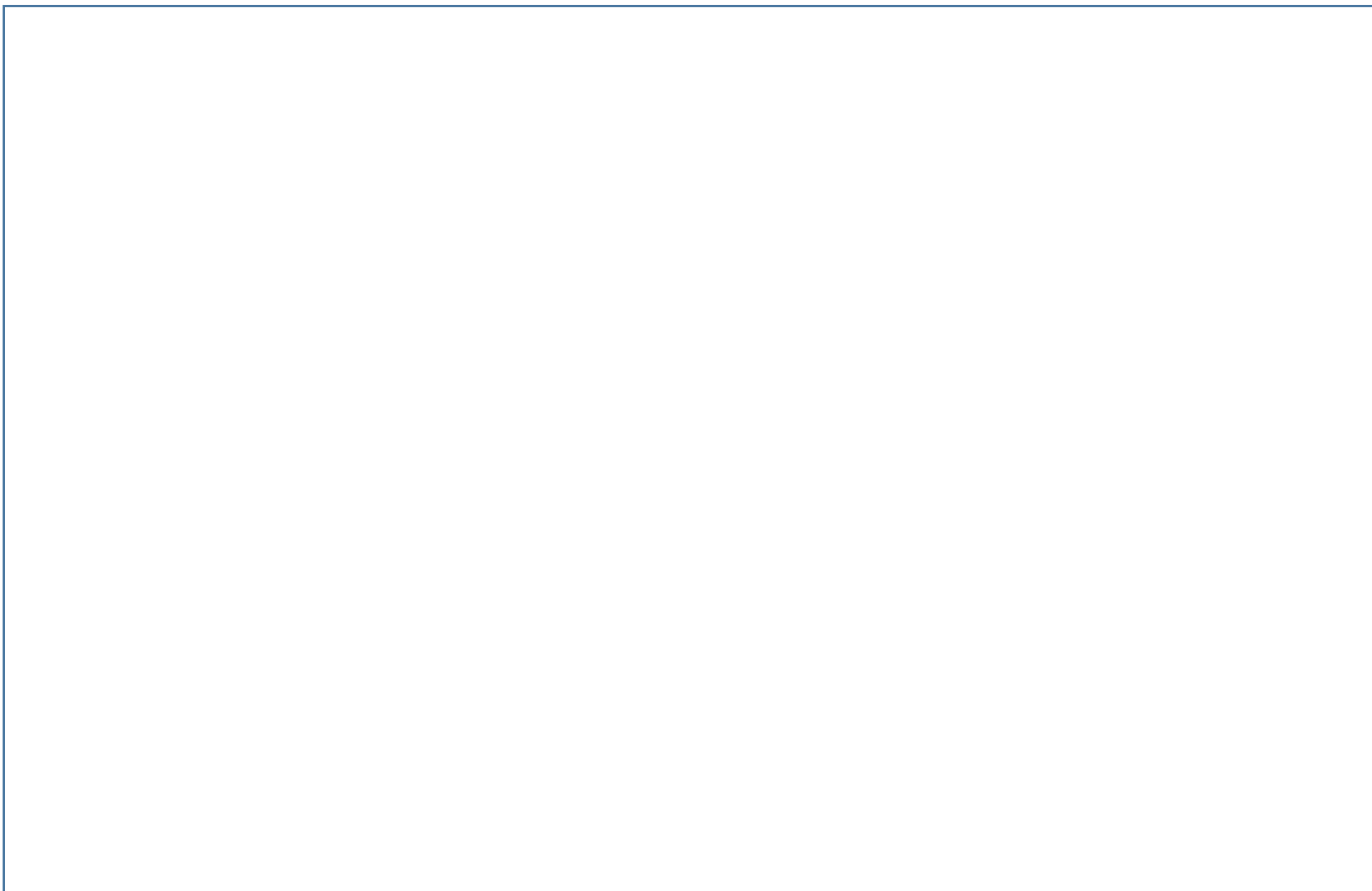
$$C_{с,k} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{t_1 = \frac{L}{M}(k-1)+1}^{\frac{L \cdot k}{M}} \sum_{t_3=1}^M (0.003 \cdot C_{u,k,t_1} \cdot (1 - \frac{t_3-1}{M}))$$

$$C_{в,k} = 0.1 \cdot C_{n,k}$$

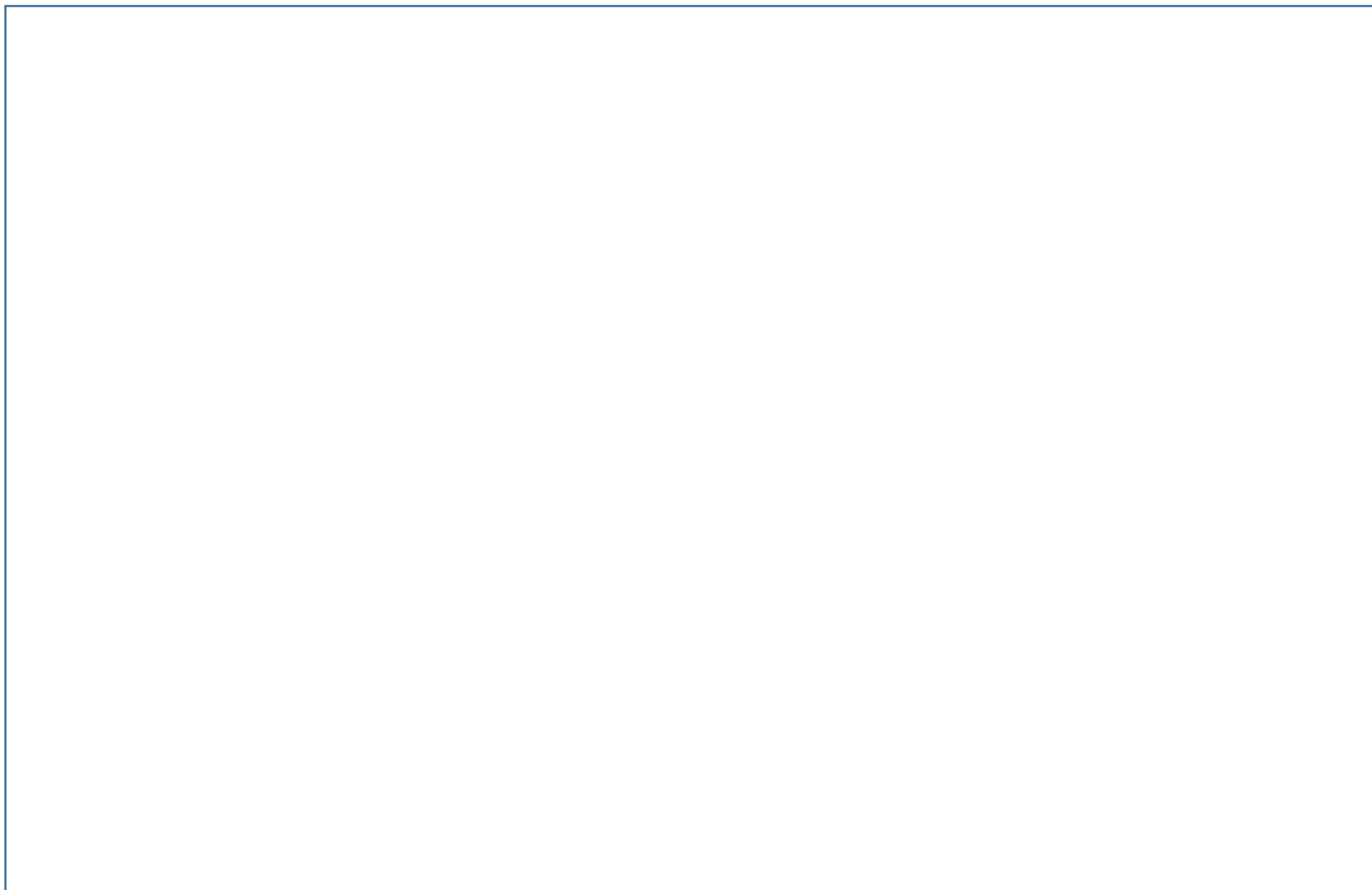
ВХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Параметр	Starship 2022
Масса полезного груза, т.	100 (150)
Стартовая масса, т.	5000
Общие затраты на разработку, млн. долл.	5000
Продолжительность инвестиционного проекта, годы	21
Ставка проекта, %	3
Количество запусков в год, шт.	1000
Процент кривой обучения, %	85
Затраты на изготовление первого комплекса, Z_1 , млн. долл.	720, 480
Переменные затраты на изготовление первого комплекса, Z_2 , млн.долл.	0,5
Затраты на полет первого комплекса, Z_3 , млн. долл.	4
Переменные затраты на полет первого комплекса, Z_4 , млн. долл.	0,15
% страхования	0,3
Цена, млн. долл.	150
Критический порядковый номер повторного запуска, $t_{3,k}$	980
Постоянное значение скорости увеличения затрат на ремонт, S_2 , %	105
Приращение скорости увеличения затрат на ремонт, S_3 , %	1

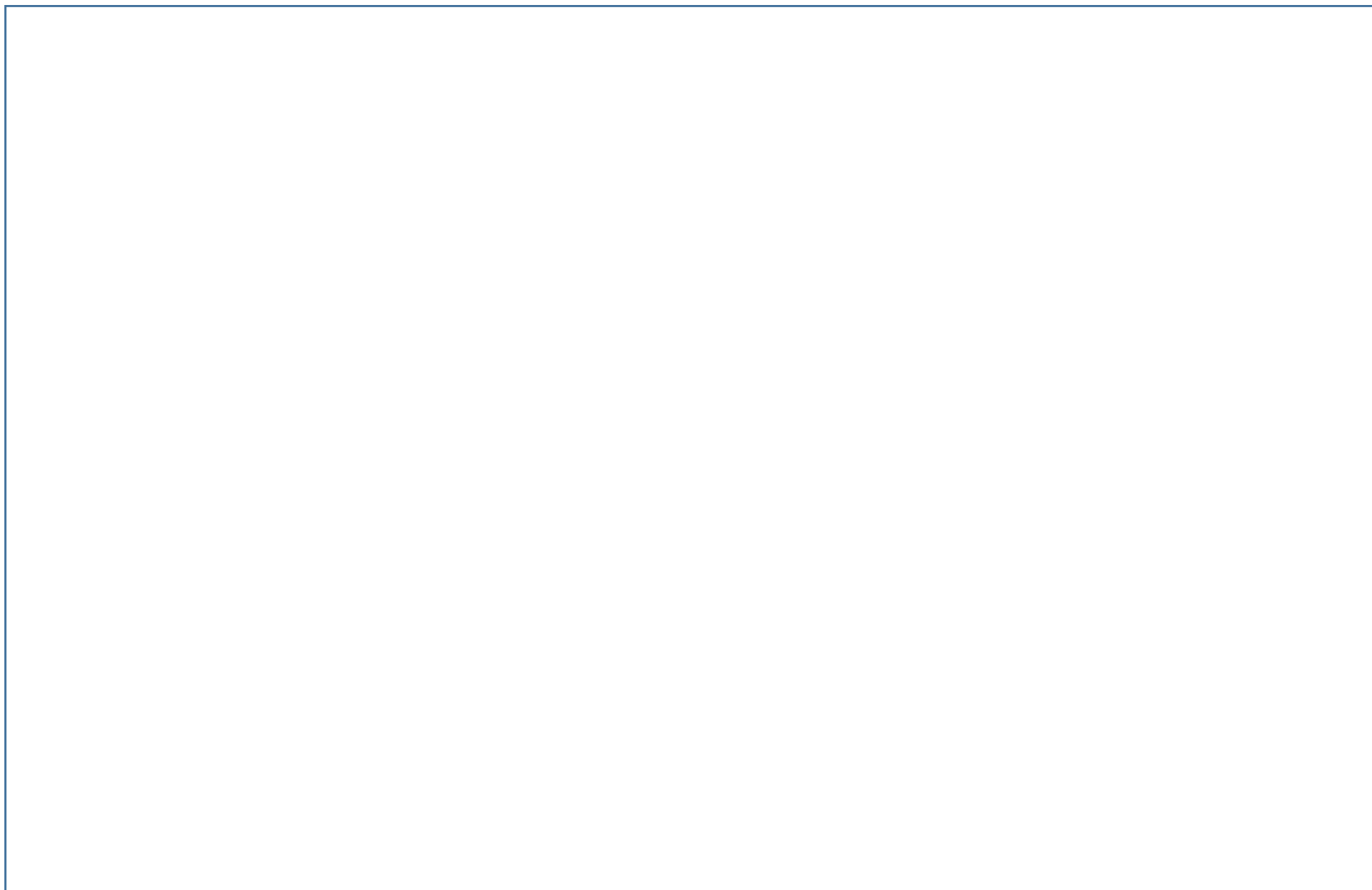
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ



РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ



РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!