

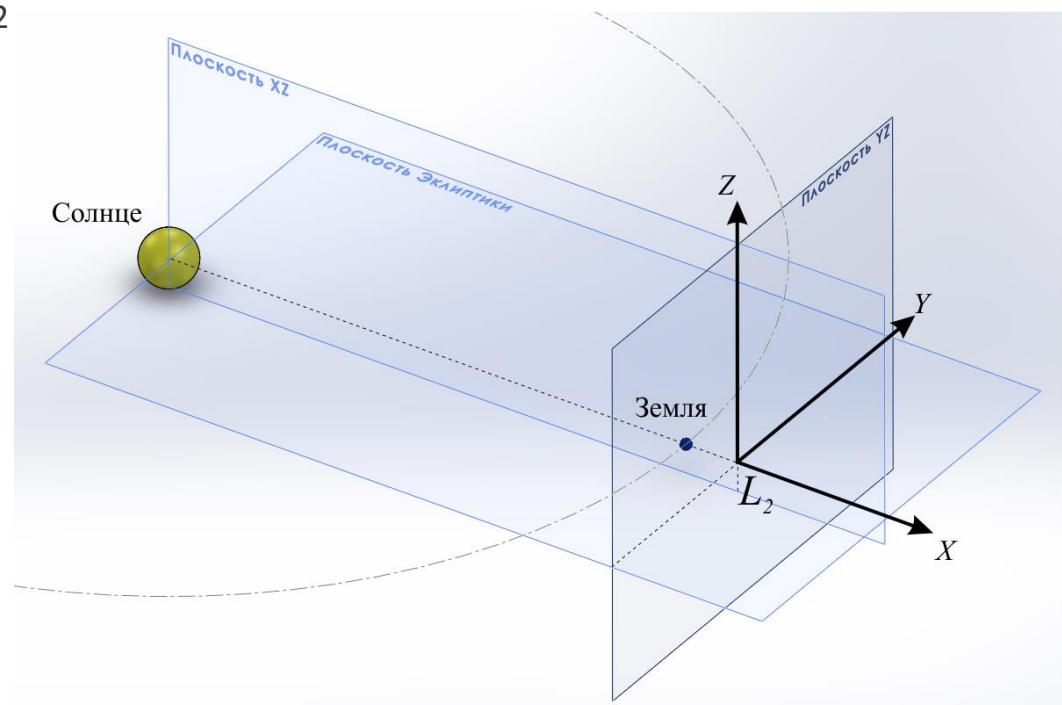
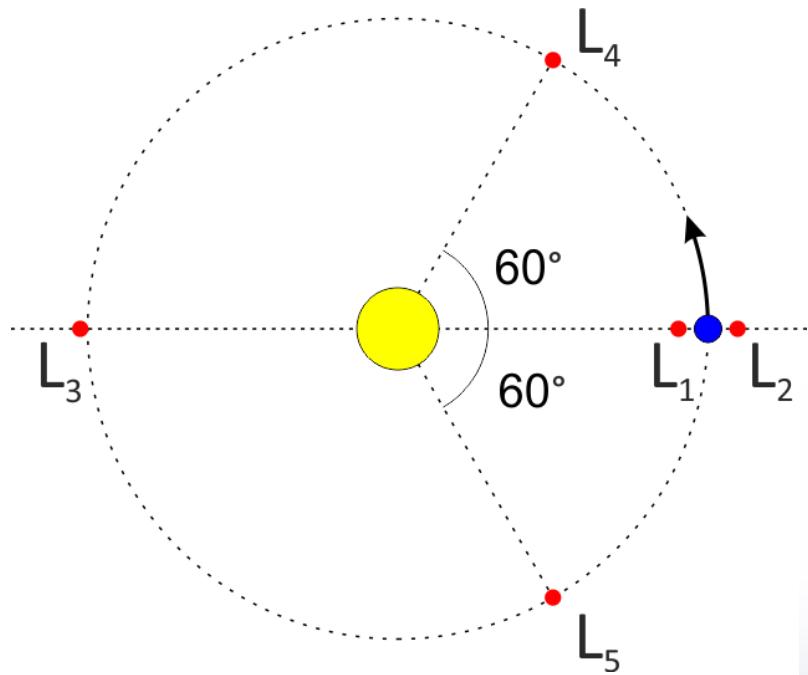
О ПЕРЕХОДАХ МЕЖДУ ГАЛО-ОРБИТАМИ В ОКРЕСТНОСТИ ТОЧКИ ЛИБРАЦИИ L2 СИСТЕМЫ СОЛНЦЕ-ЗЕМЛЯ



Бобер Станислав Алексеевич
stas.bober@gmail.com

Аксенов С.А.
Луговая А.И.

- Методика расчета ограниченных орбит в окрестности точки либрации L2 системы Солнце-Земля
- Стратегии перехода с гало-орбиты на гало-орбиту;
Алгоритм расчета компонент импульсов перехода
- Результаты расчетов и их анализ



- Инерциальная СК:

$$\ddot{r} = -\gamma \sum_{i=1}^N m_i \frac{(r - r_i)}{|r - r_i|^3}$$



- Вращающаяся СК:

$$\begin{cases} \ddot{x} - 2\dot{y} - (2B_0 + 1)x = a_x \\ \ddot{y} + 2\dot{x} + (B_0 - 1)y = a_y \\ \ddot{z} + B_0 z = a_z \end{cases}$$



ЛИНЕАРИЗАЦИЯ



- Решение линеаризованной системы во вращающейся СК:

$$\begin{cases} x = A_1 e^{\lambda t} + A_2 e^{-\lambda t} + A_{xy} \cos(\omega_{xy} t + \varphi_{xy}) \\ y = k_1 A_1 e^{\lambda t} + k_1 A_2 e^{-\lambda t} + k_2 A_{xy} \sin(\omega_{xy} t + \varphi_{xy}) \\ z = A_z \cos(\omega_z t + \varphi_z) \end{cases}$$



$$\begin{cases} \ddot{x} - 2\dot{y} - (2B_0 + 1)x = 0 \\ \ddot{y} + 2\dot{x} + (B_0 - 1)y = 0 \\ \ddot{z} + B_0 z = 0 \end{cases}$$

- Инерциальная СК:

$$\ddot{\vec{r}} = -\gamma \sum_{i=1}^N m_i \frac{(\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3}$$

- Решение линеаризованной системы во вращающейся СК:

$$\begin{cases} x = A_1 e^{\lambda t} + A_2 e^{-\lambda t} + A_{xy} \cos(\omega_{xy} t + \varphi_{xy}) \\ y = k_1 A_1 e^{\lambda t} + k_1 A_2 e^{-\lambda t} + k_2 A_{xy} \sin(\omega_{xy} t + \varphi_{xy}) \\ z = A_z \cos(\omega_z t + \varphi_z) \end{cases}$$

↗ Возрастающая компонента

↗ Убывающая компонента

↗ Ограниченнная компонента

- Инерциальная СК:

$$\ddot{\vec{r}} = -\gamma \sum_{i=1}^N m_i \frac{(\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3}$$

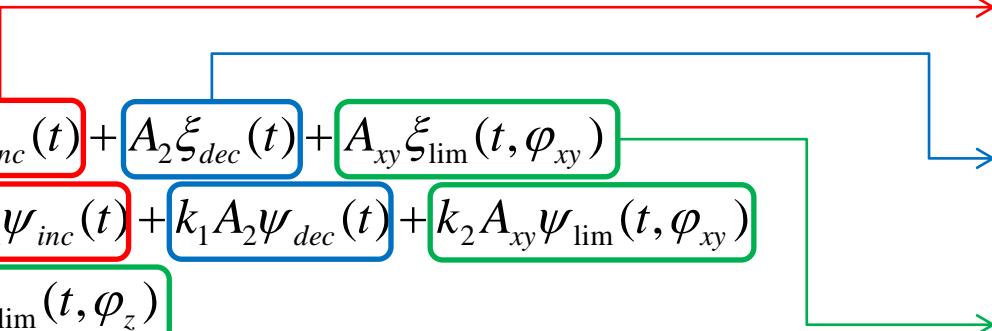
- Структура решения:

$$\begin{cases} x = A_1 \xi_{inc}(t) + A_2 \xi_{dec}(t) + A_{xy} \xi_{lim}(t, \varphi_{xy}) \\ y = k_1 A_1 \psi_{inc}(t) + k_1 A_2 \psi_{dec}(t) + k_2 A_{xy} \psi_{lim}(t, \varphi_{xy}) \\ z = A_z \zeta_{lim}(t, \varphi_z) \end{cases}$$

Возрастающая компонента

Убывающая компонента

Ограниченнная компонента



- Инерциальная СК:

$$\ddot{r} = -\gamma \sum_{i=1}^N m_i \frac{(r - r_i)}{|r - r_i|^3}$$

Найти ограниченное решение

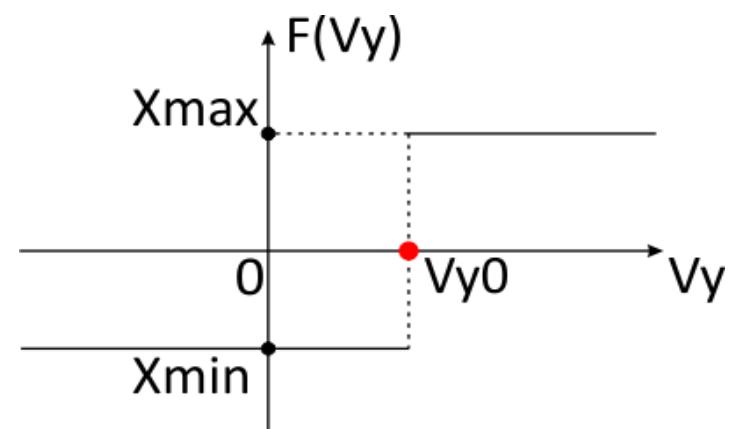
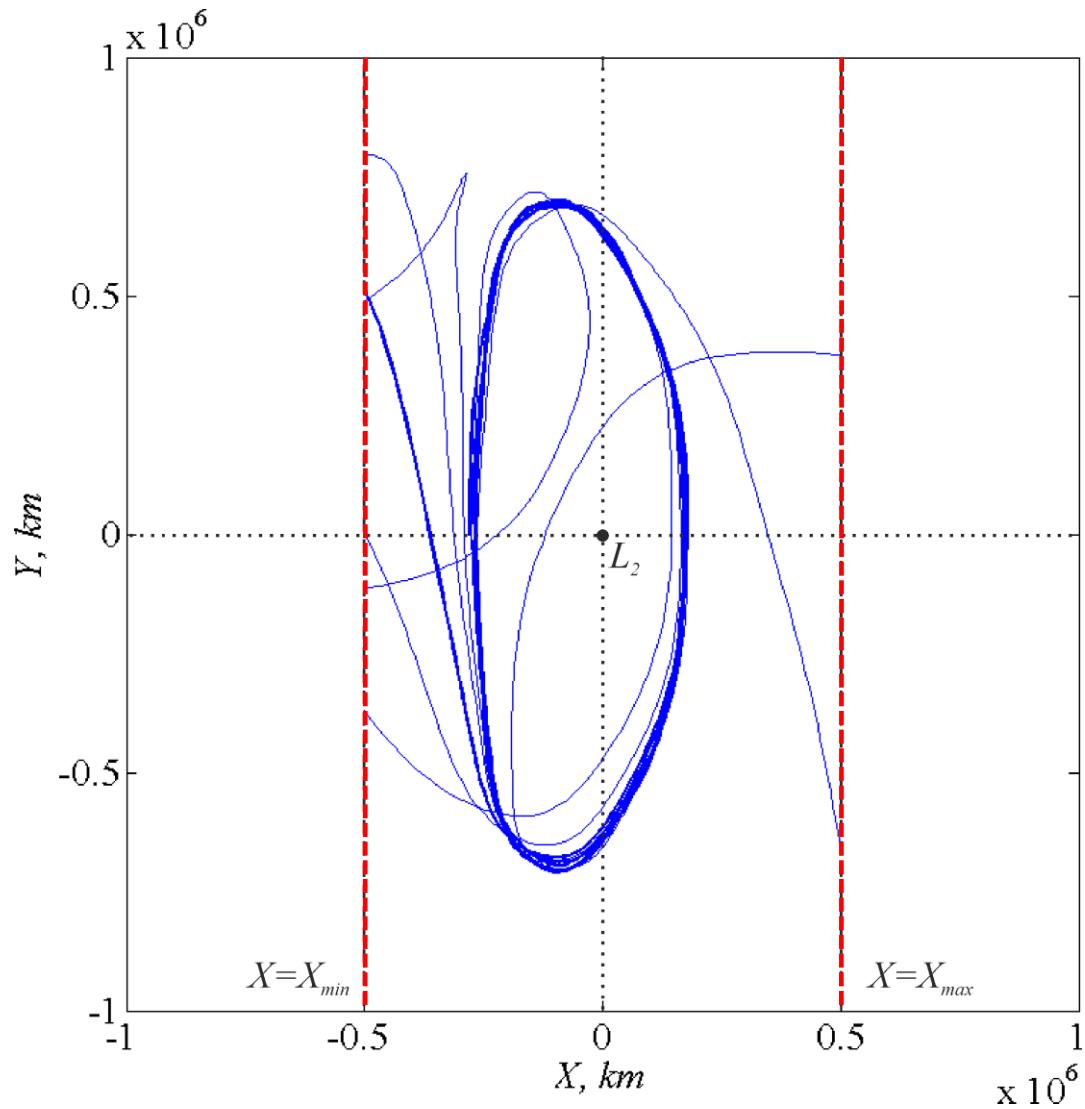
Для заданных

$$x_0 = x(0), y_0 = y(0), z_0 = z(0), \\ v_{x0} = v_x(0), v_{z0} = v_z(0),$$

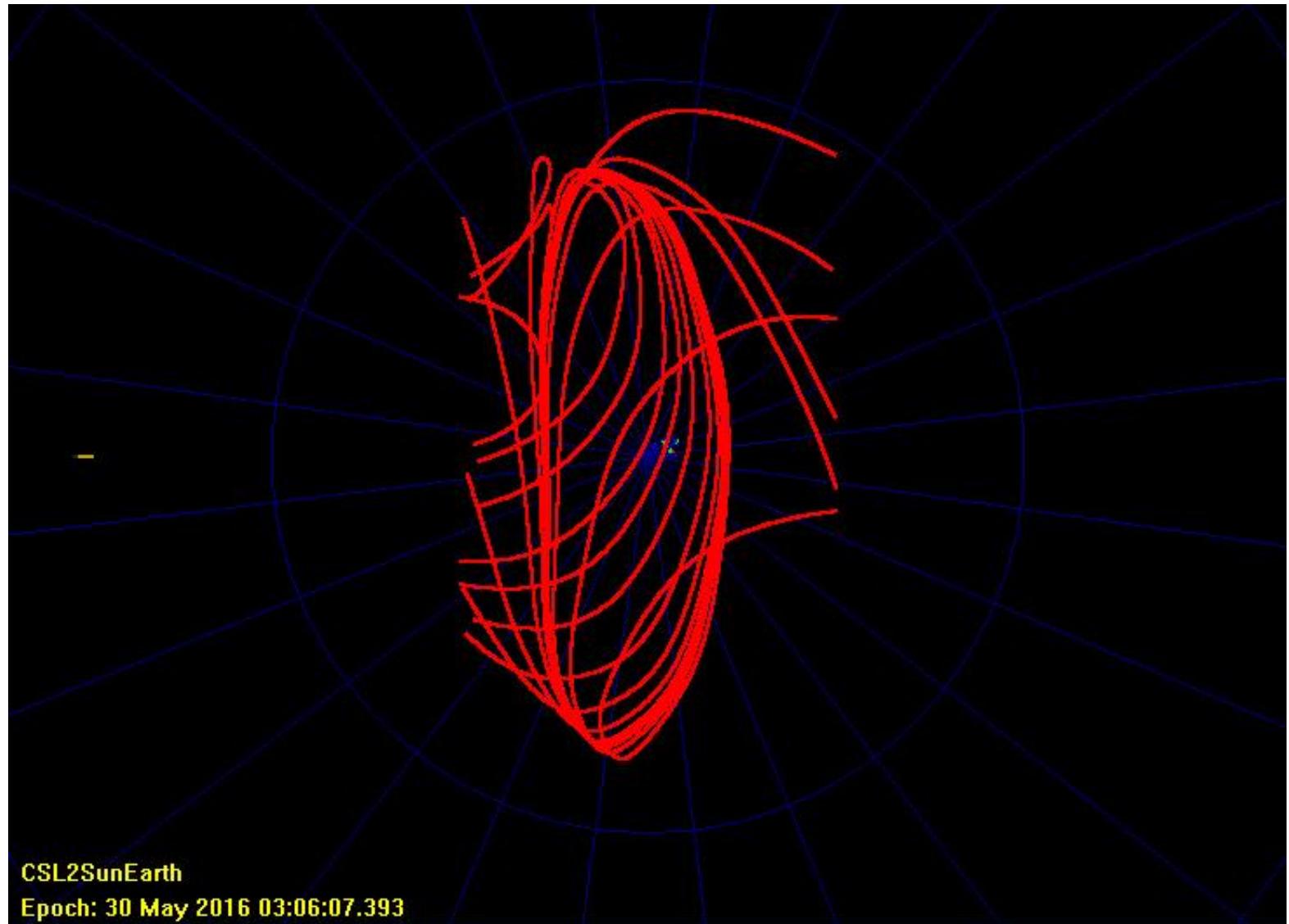
найти такую v_{y0} , чтобы
 $A_1 = 0$.

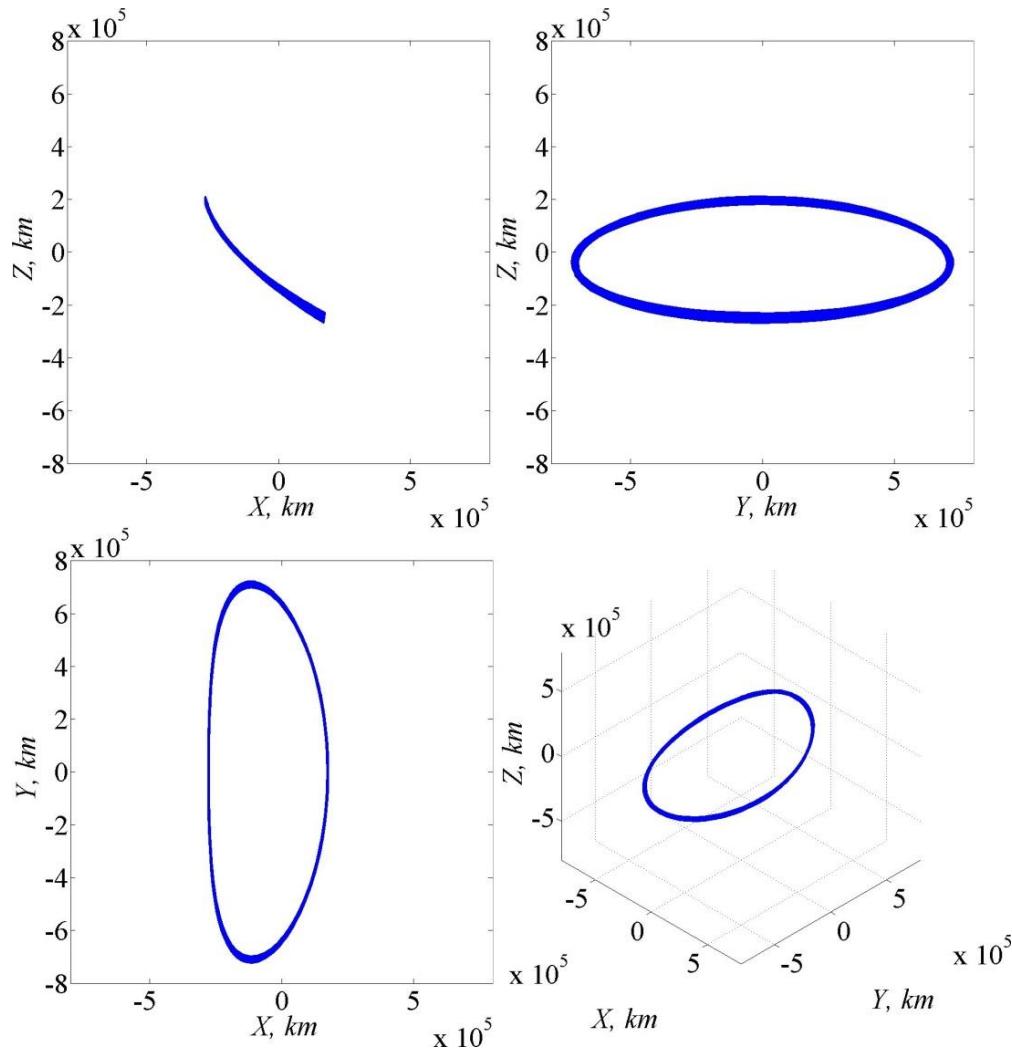
$$\begin{cases} x = A_1 \xi_{inc}(t) + A_2 \xi_{dec}(t) + A_{xy} \xi_{lim}(t, \varphi_{xy}) \\ y = k_1 A_1 \psi_{inc}(t) + k_1 A_2 \psi_{dec}(t) + k_2 A_{xy} \psi_{lim}(t, \varphi_{xy}) \\ z = A_z \zeta_{lim}(t, \varphi_z) \end{cases}$$

Алгоритм поиска V_{y0}

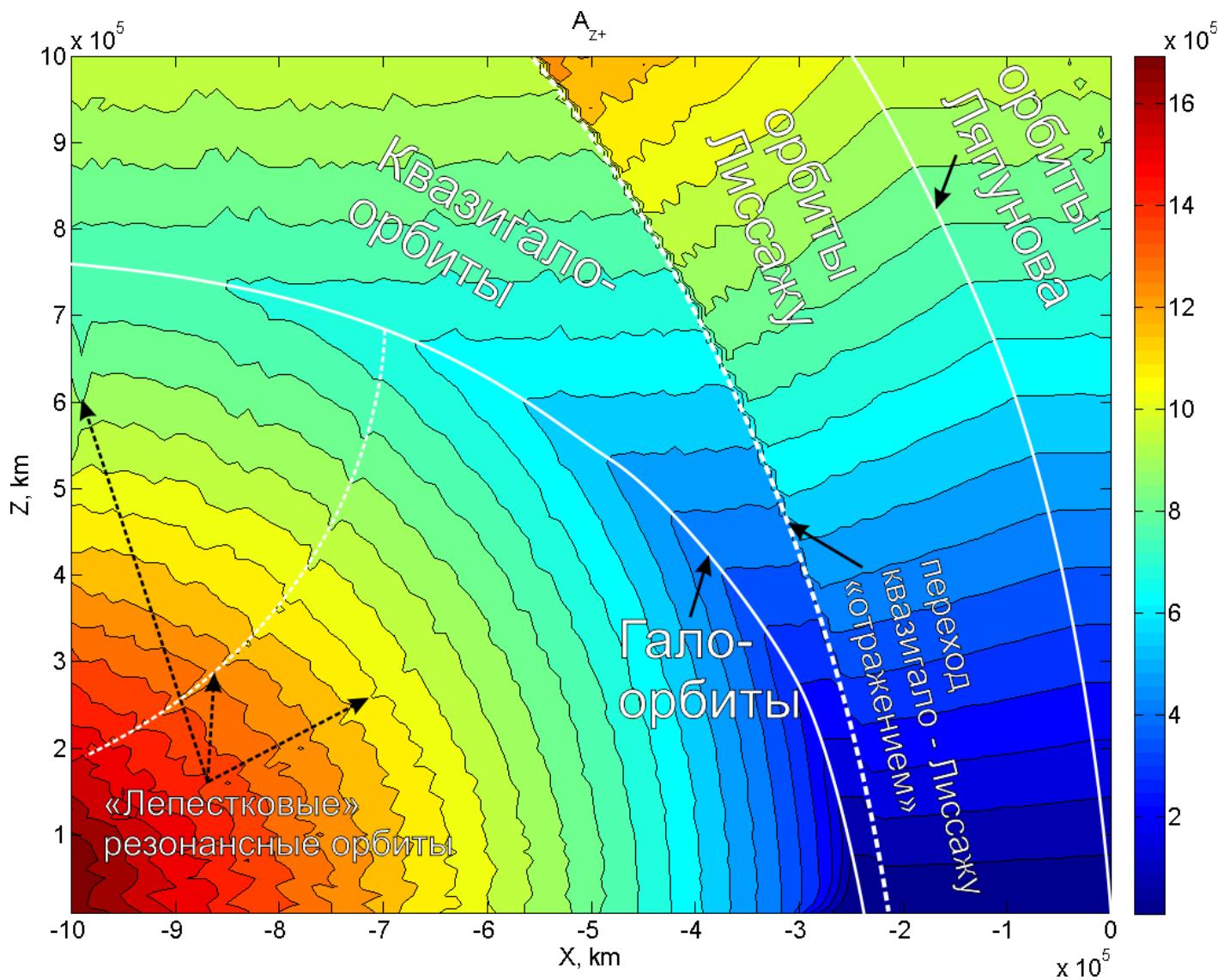


Алгоритм поиска V_{y0}

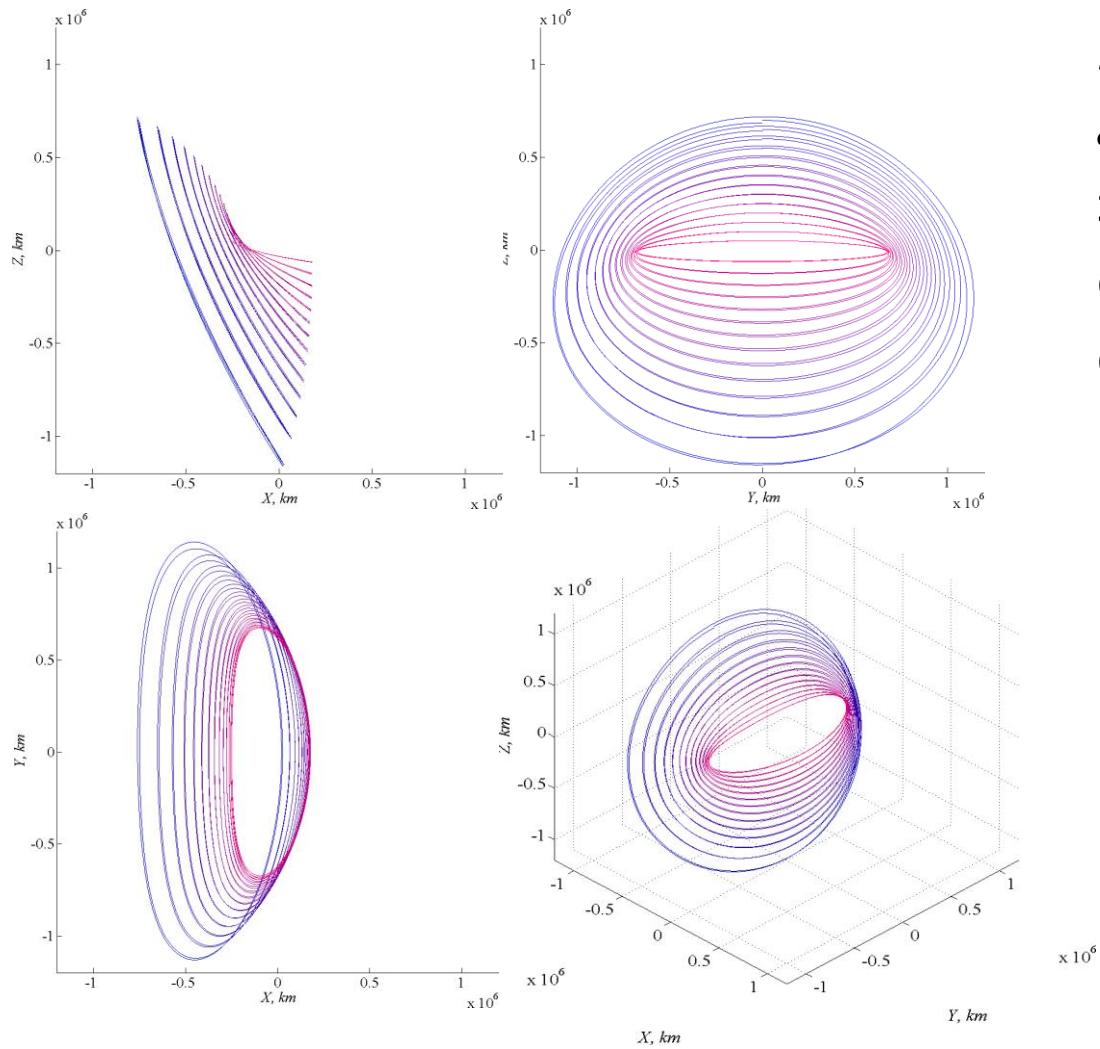




Пример южной гало-
орбиты вокруг точки L2 с
выходом из эклиптики
около 220 тыс. км.



Аксенов С.А.,
Бобер С.А.,
Николаева Ю.А.,
Николаев П.В.,
Федоренко Ю.В.
“Компьютерное
моделирование
движения
космического
аппарата в
окрестности
точки либрации
L2 системы
Солнце-Земля”
Препринт
ЦНИИимаш



Рассматривается набор гало-орбит с выходом из эклиптики (Z_0^*) от 50 до 700 тыс. км с шагом в 50 тыс. км.

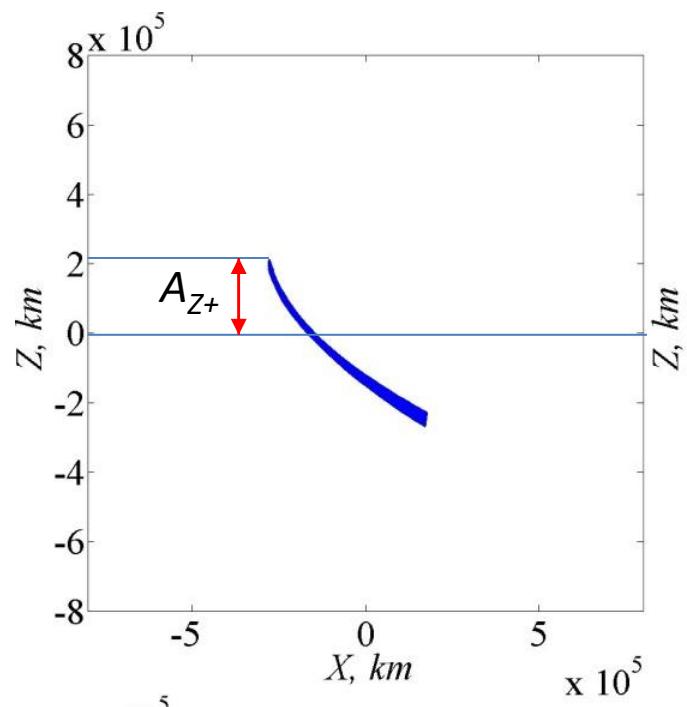
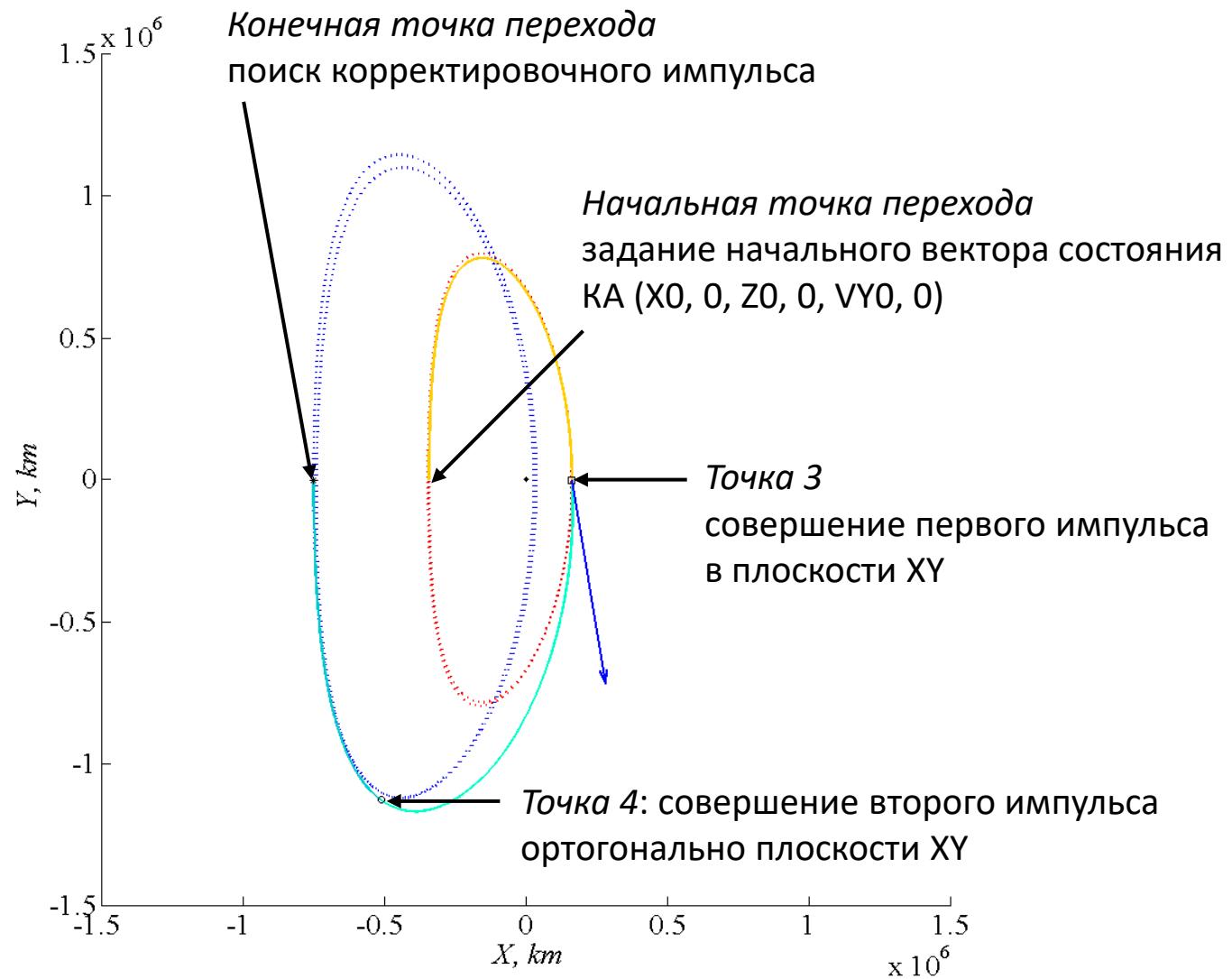
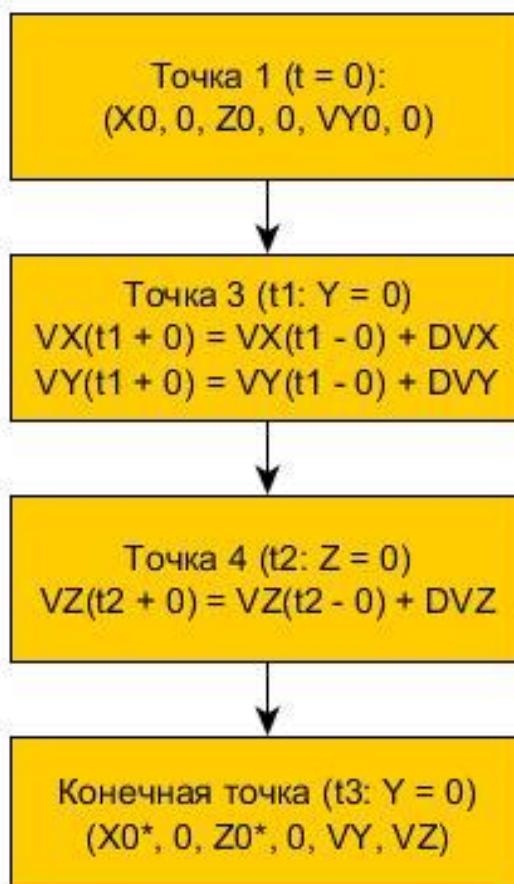


Схема перехода «34»



Краевая задача нахождения импульсов перехода на примере стратегии «34»:



Варьируемые параметры:

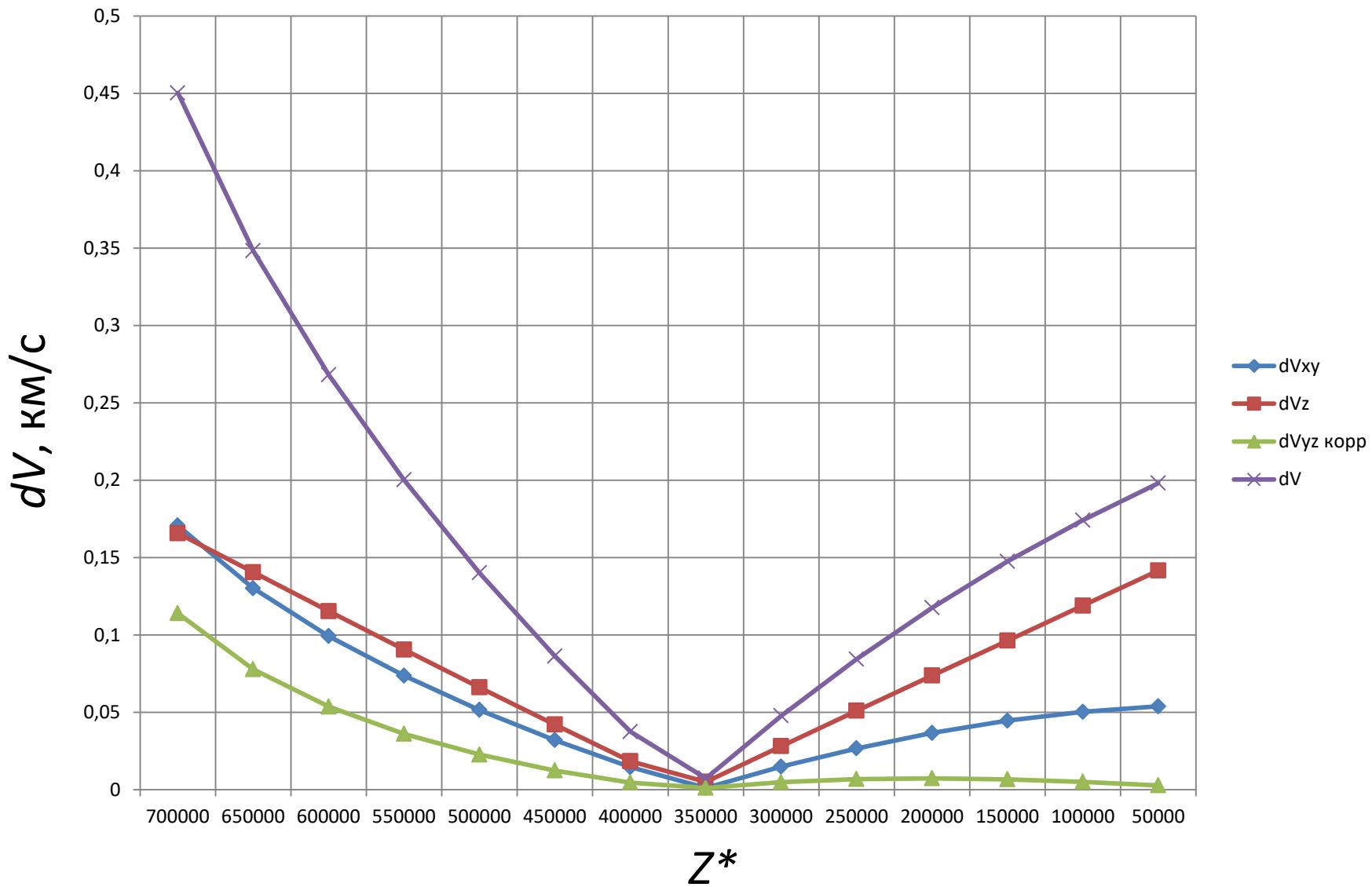
$\Delta V_X, \Delta V_Y, \Delta V_Z$ – компоненты двух импульсов

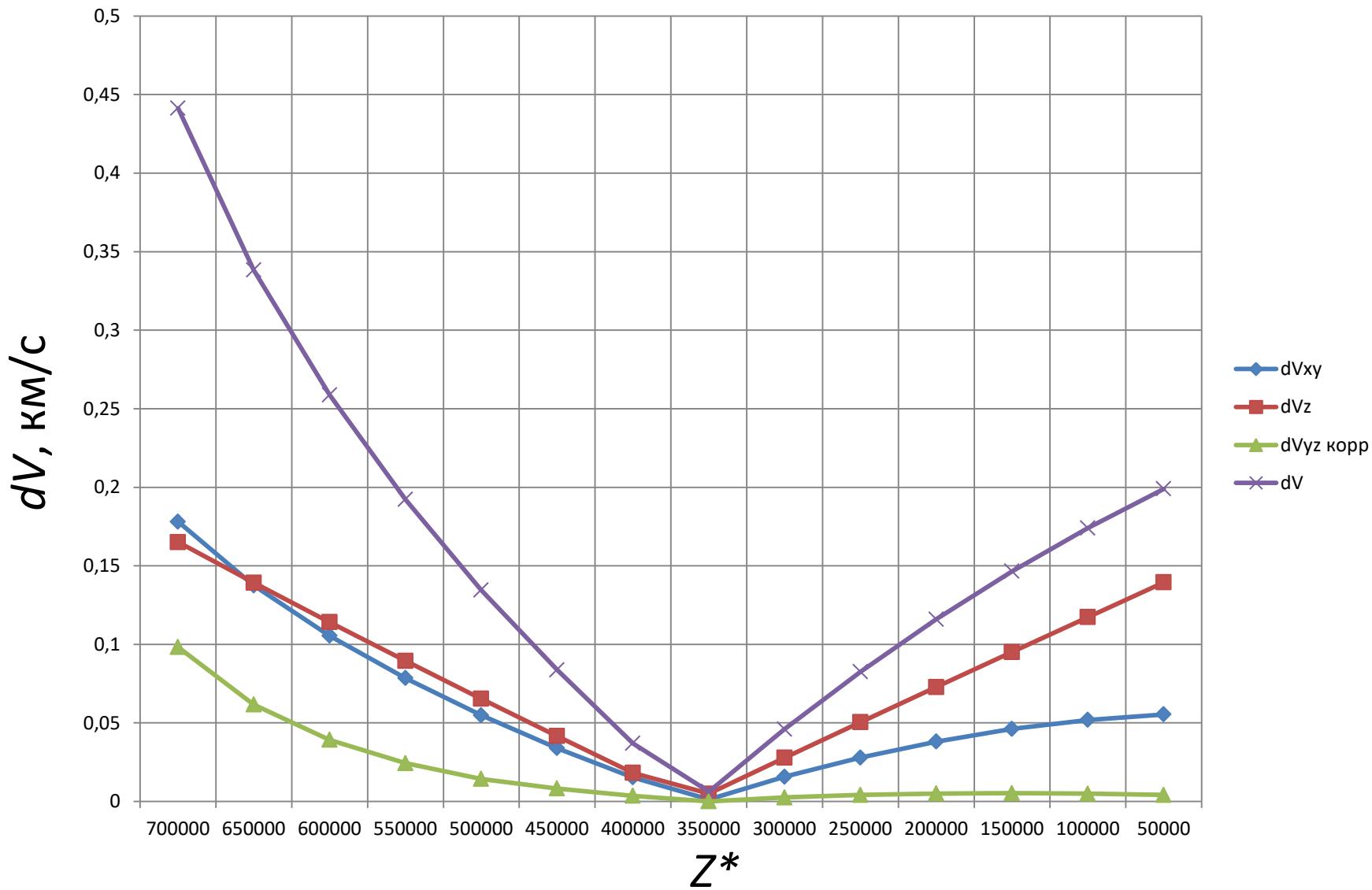
Условия для достижения на правой границе:

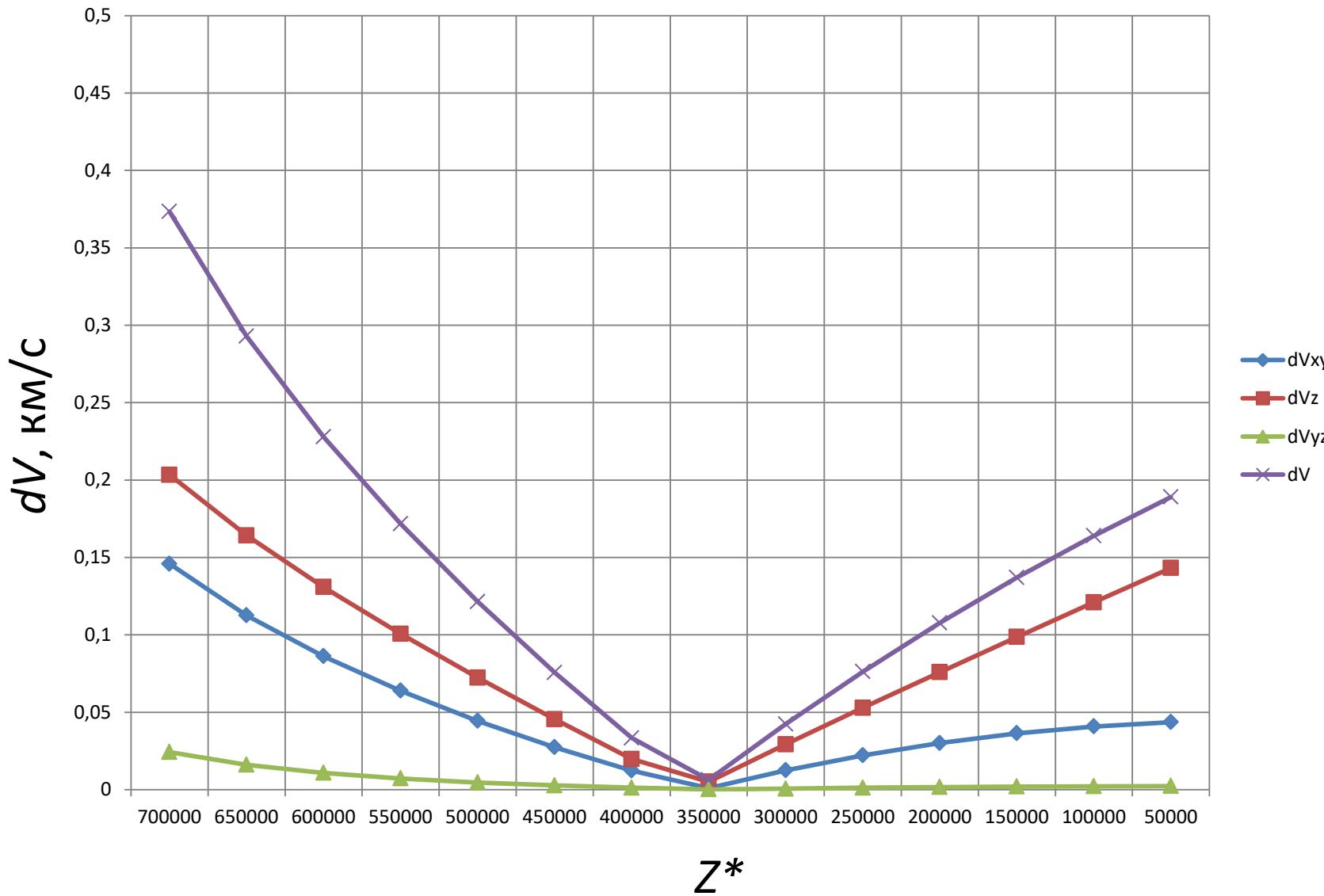
$$X = X_0^*, Z = Z_0^*, V_X = 0$$

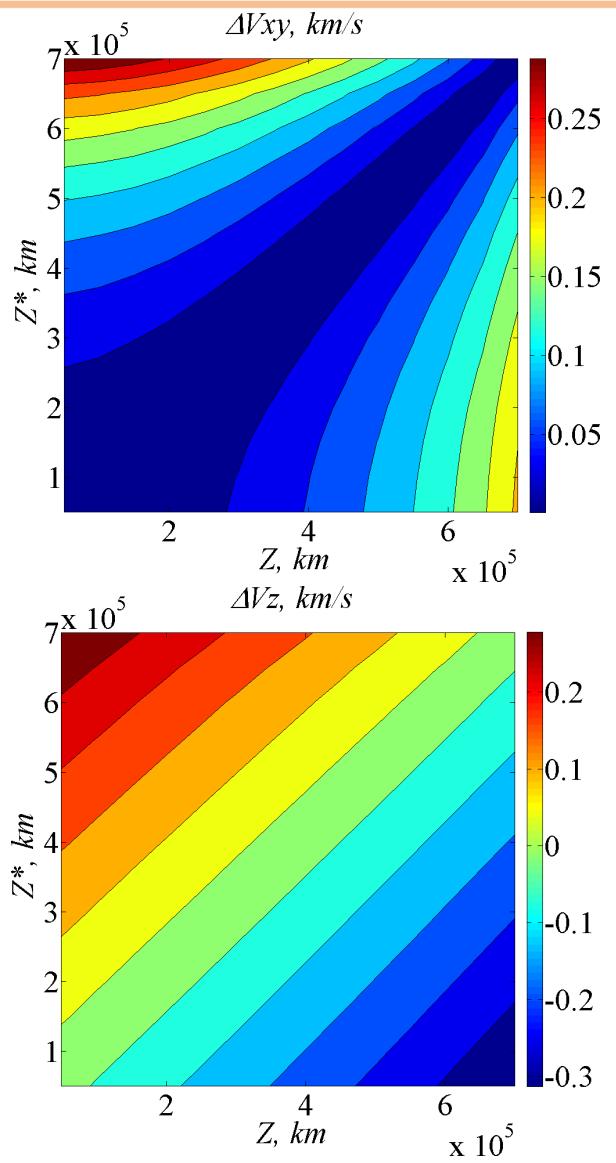
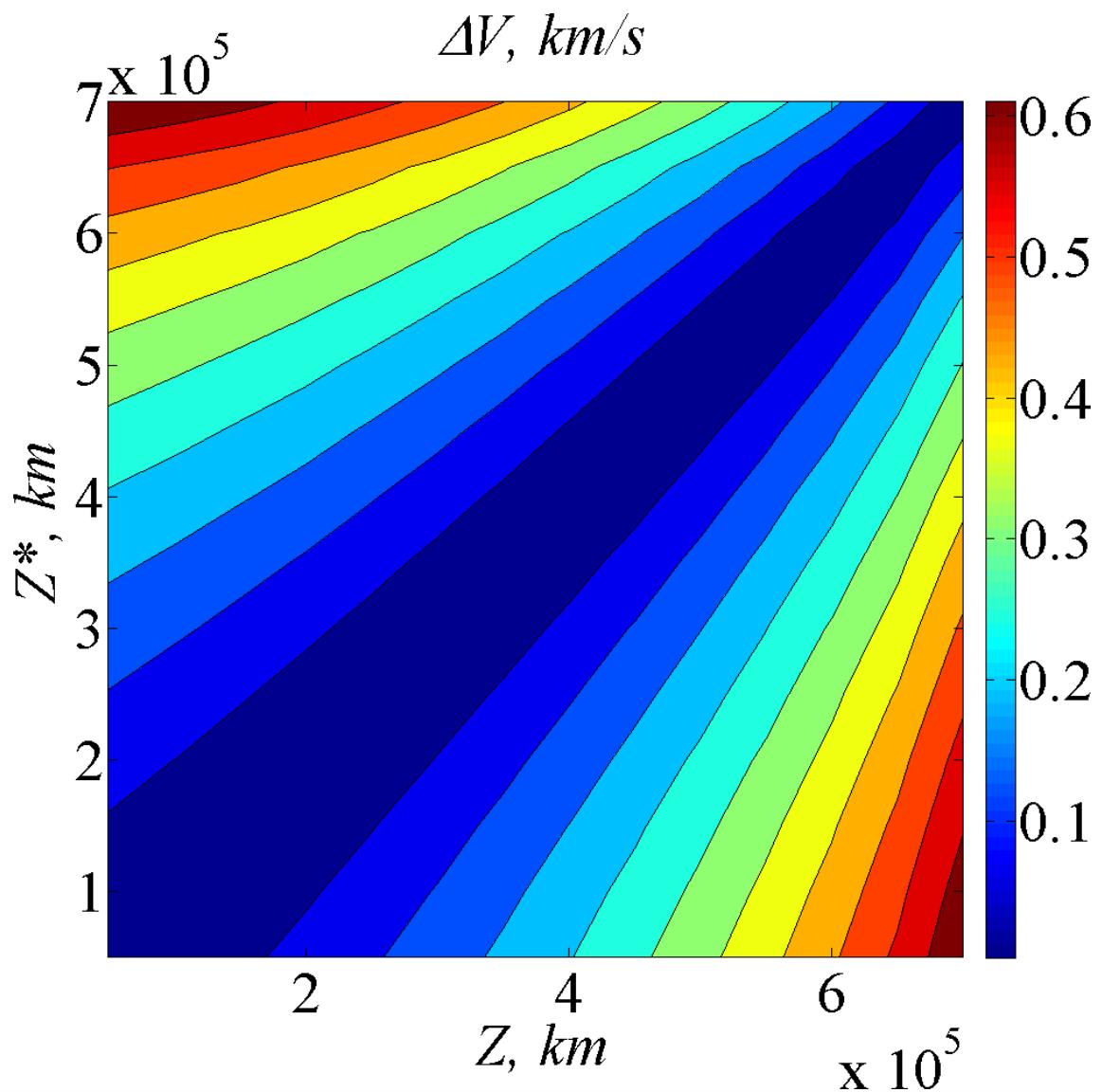
Решение производится методом стрельбы

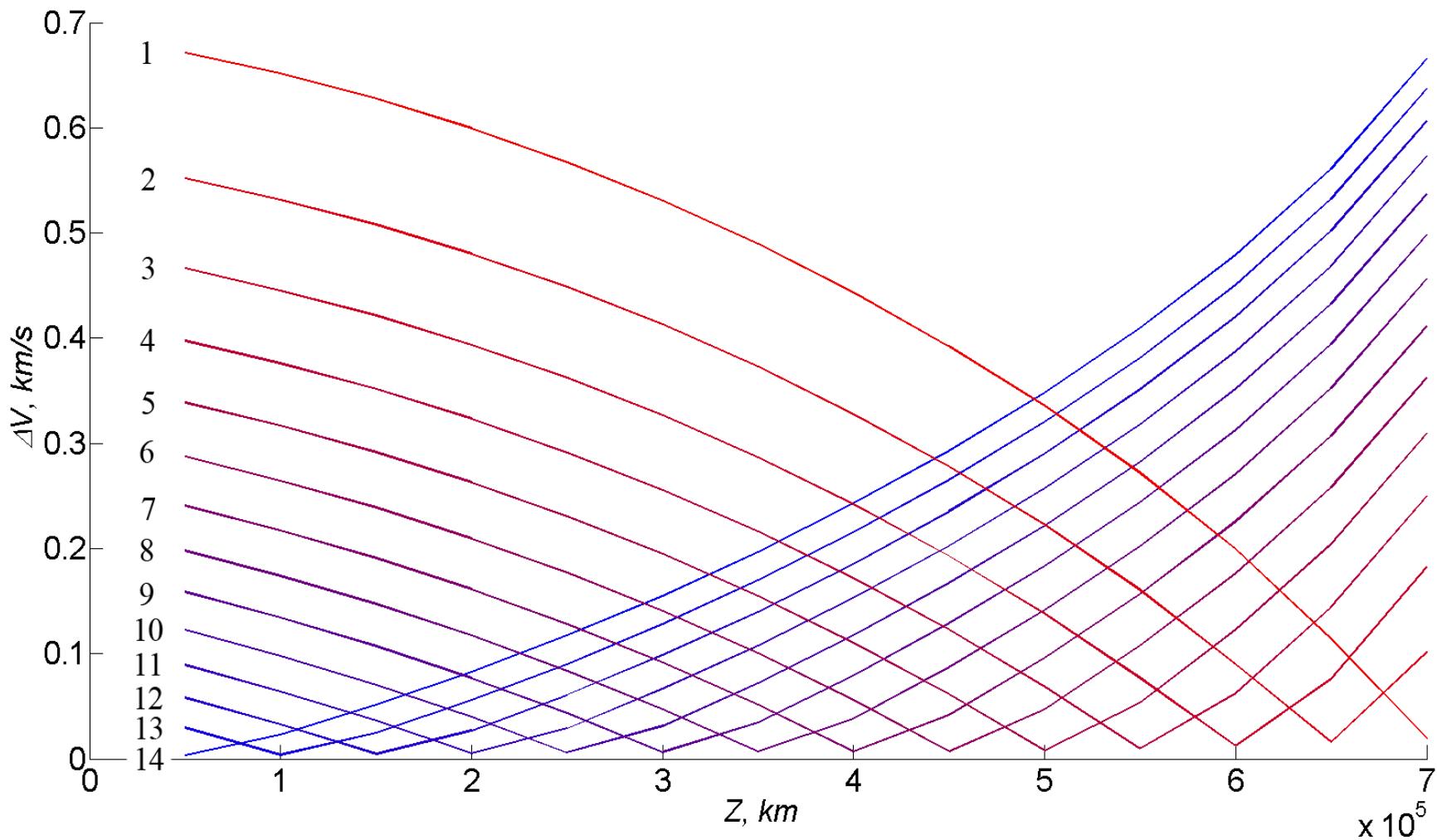
Полученный вектор скорости КА в конечной точке корректируется:
 $(0, VY, VZ) \rightarrow (0, VY_0^*, 0)$

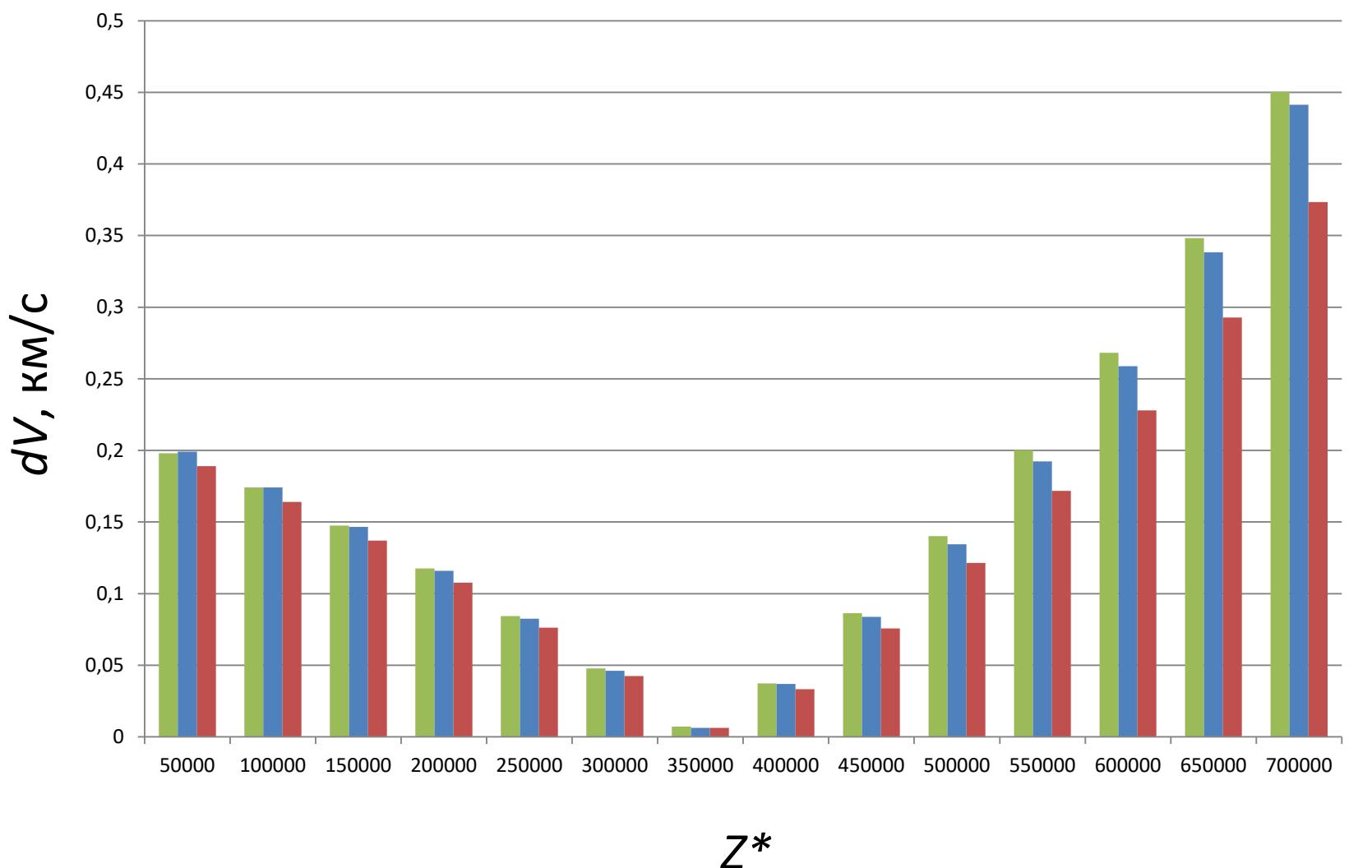


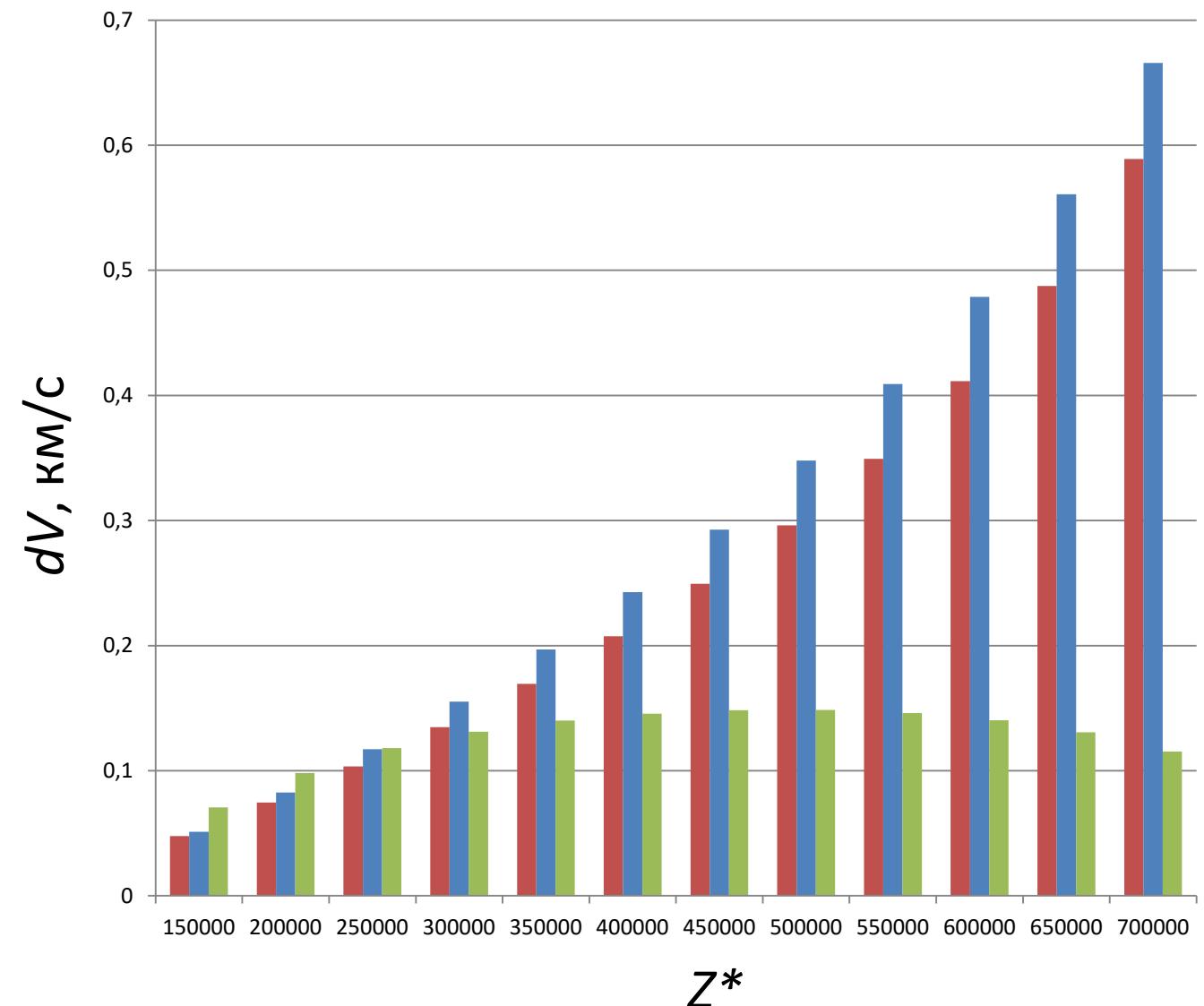












■ step-by-step
■ direct
■ related

Сокращение
суммарного импульса
на **7-15%** за счет
увеличения времени
перехода

- Использована методика расчета ограниченных орбит для построения алгоритмов вычисления компонент импульсов перехода для трех стратегий перехода
- Произведены расчеты компонент импульсов для переходов между гало-орбитами с выходом из эклиптики от 50 до 700 тыс. км
- Анализ суммарного импульса показал наиболее эффективную стратегию из рассмотренных
- Выявлена возможность «последовательного» перехода между орбитами, позволяющая снизить общие затраты импульса за счет увеличения времени перехода

**Спасибо
за внимание!**