

Расчетные исследования аэродинамических характеристик и относительного движения возвращаемого аппарата и крышки люка парашютного контейнера в процессе их разделения

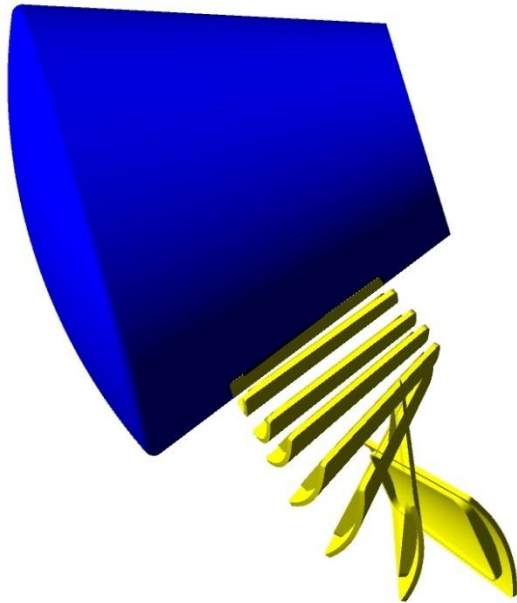


Автор: Кузнецов К.В.¹, Москалев И.В.¹, Аксенов А.А.¹
к.ф.-м.н., Дядькин А.А.² к.т.н., Симакова Т.В.²

Организация: 1- ООО «ТЕСИС»

2- ОАО «РКК ЭНЕРГИЯ»

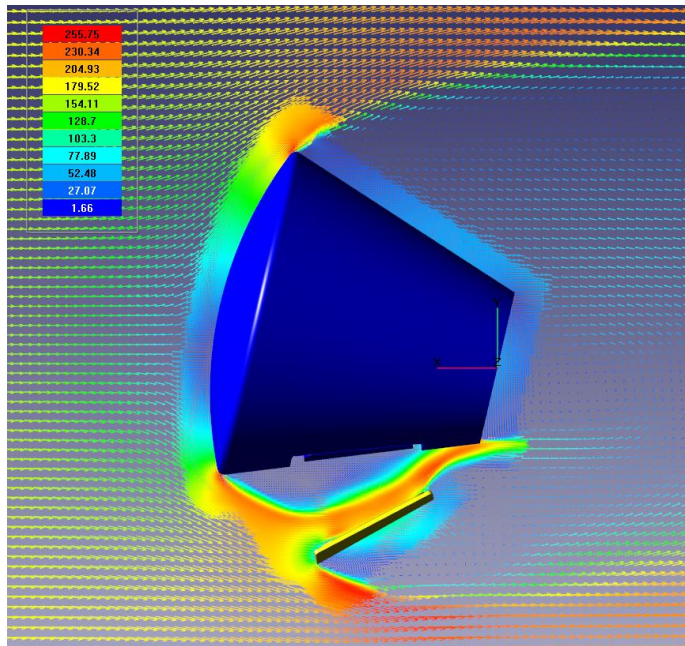
Москва, 10-11 апреля 2012 г.



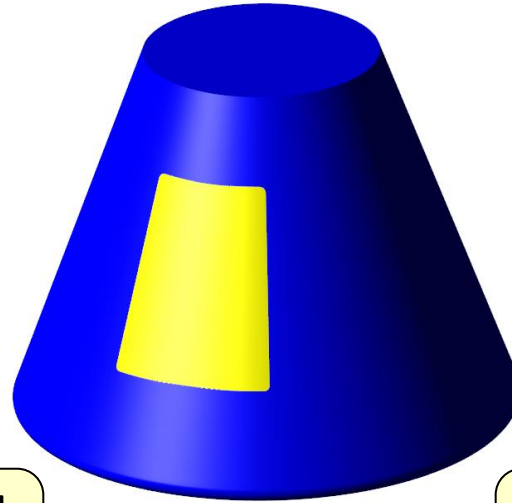
В рамках данного исследования проводится моделирование отделения крышки люка парашютного контейнера (КЛПК) от возвращаемого аппарата (ВА) при различных положениях относительно набегающего потока

Цели исследования:

- 1) Определение аэродинамических характеристик ВА и КЛПК в процессе отделения.
- 2) Выявление потенциально опасных случаев с точки зрения столкновения КЛПК с ВА.



30 расчетных случаев



**Группа №1:
15 случаев**

$H=6000$ м, $M_\infty=0,6$

**$\alpha=[13^\circ; 43^\circ; -17^\circ]$
 $\varphi = 0^\circ$
 $\omega_{BA}=[0^\circ/c; 60^\circ/c]$**

**$\alpha=[13^\circ; 43^\circ; -17^\circ]$
 $\varphi = 60^\circ$
 $\omega_{BA}=[0^\circ/c; 60^\circ/c]$**

$F_{\text{фала}} = 0$

$F_{\text{фала}} \neq 0$

**Группа №2:
15 случаев**

$H=8000$ м, $M_\infty=0,8$

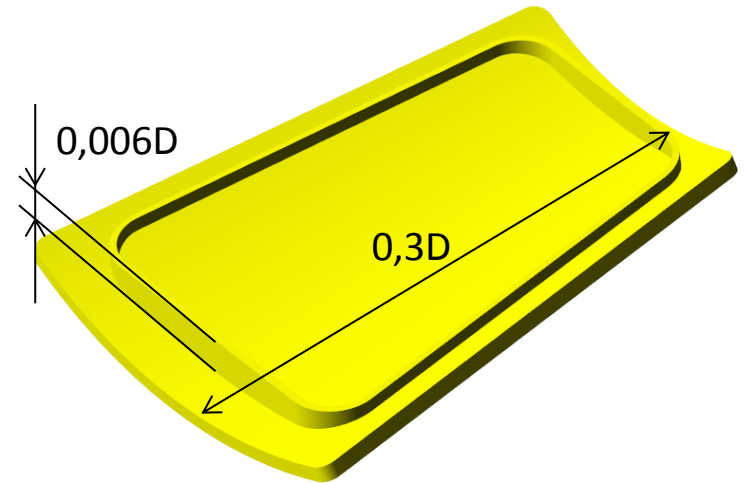
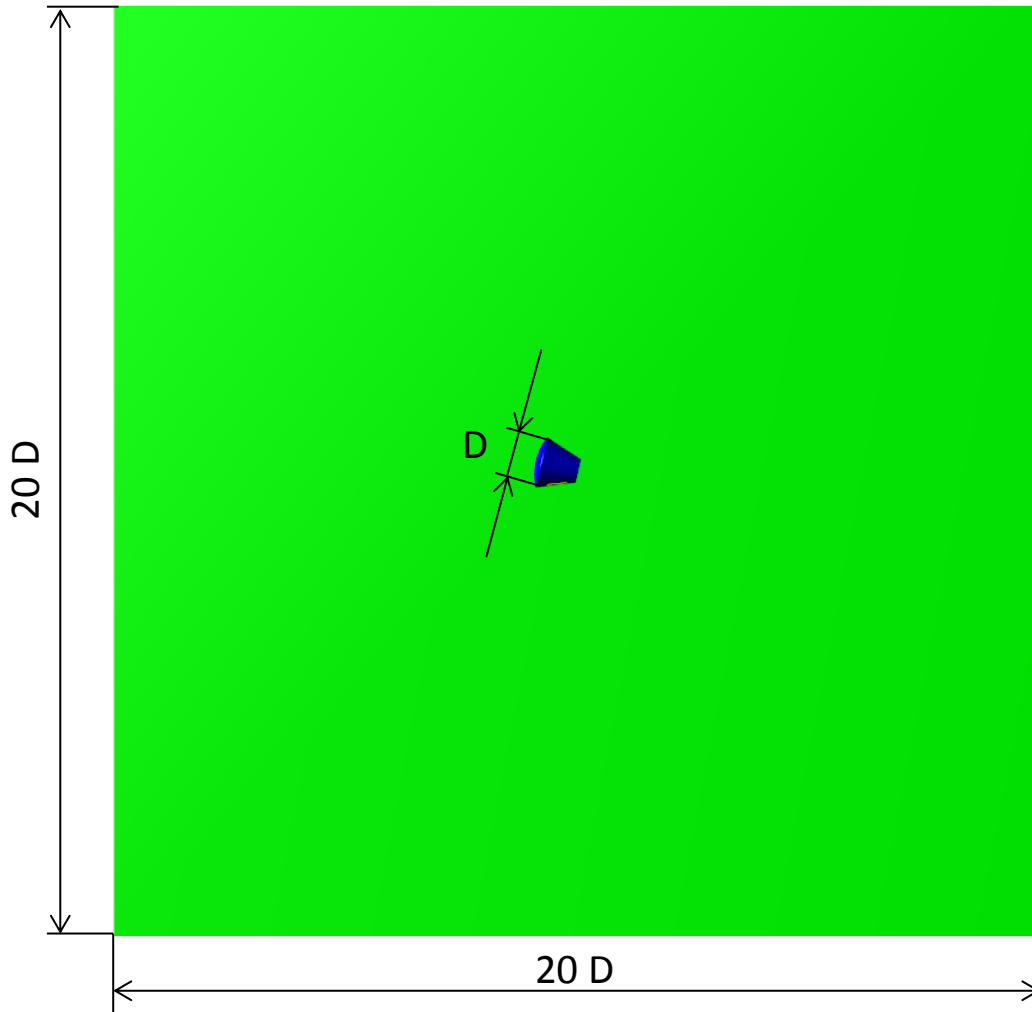
**$\alpha=[16^\circ; 46^\circ; -14^\circ]$
 $\varphi = 0^\circ$
 $\omega_{BA}=[0^\circ/c; 60^\circ/c]$**

**$\alpha=[16^\circ; 46^\circ; -14^\circ]$
 $\varphi = 60^\circ$
 $\omega_{BA}=[0^\circ/c; 60^\circ/c]$**

$F_{\text{фала}} = 0$

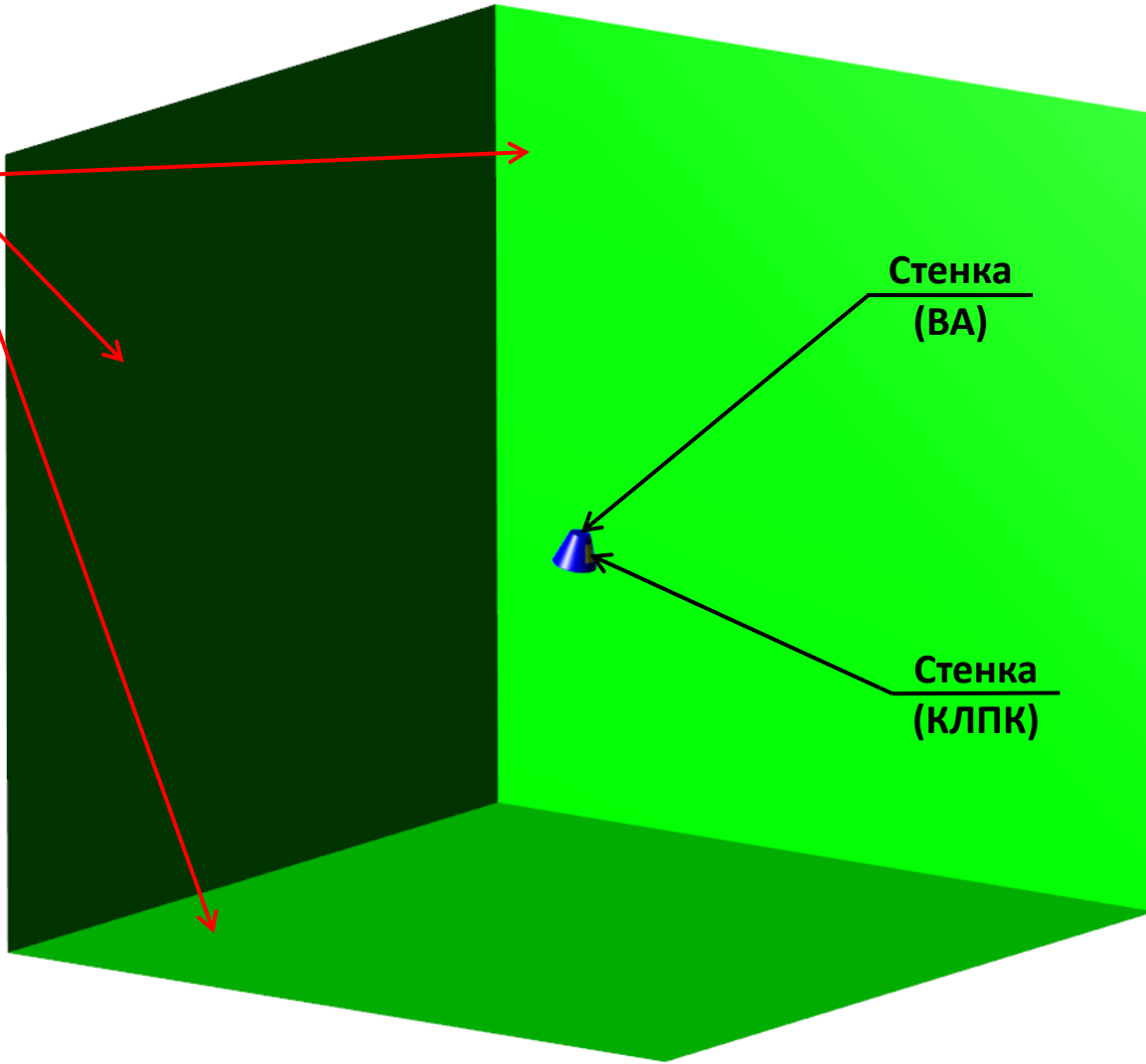
$F_{\text{фала}} \neq 0$

Расчетная область

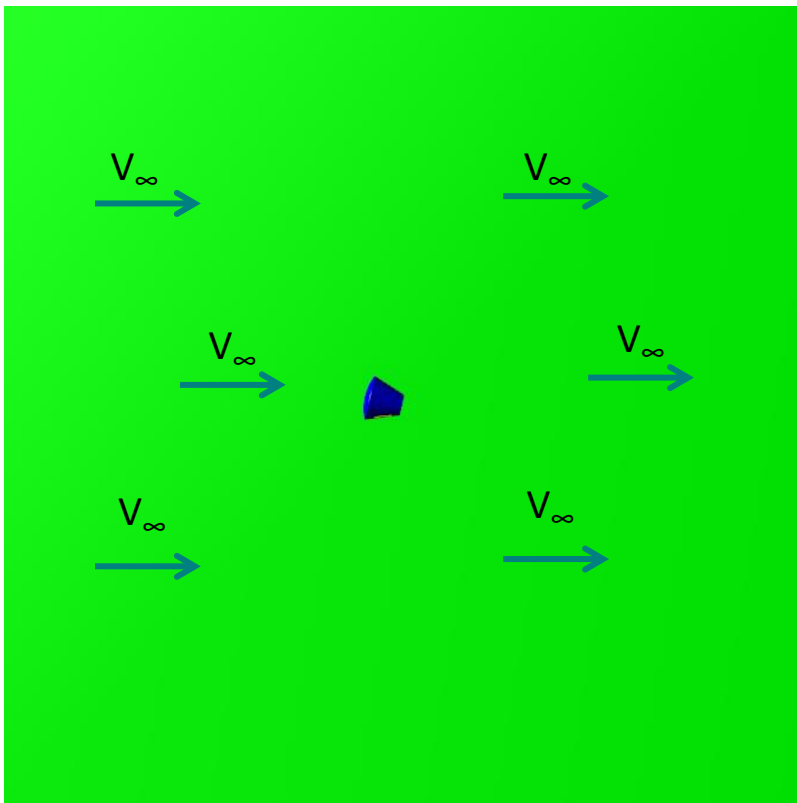


- 1) Относительные размеры КЛПК обуславливают необходимость измельчения расчетной сетки при моделировании движения
- 2) Задание начального движения КЛПК, вызванного действием толкателей

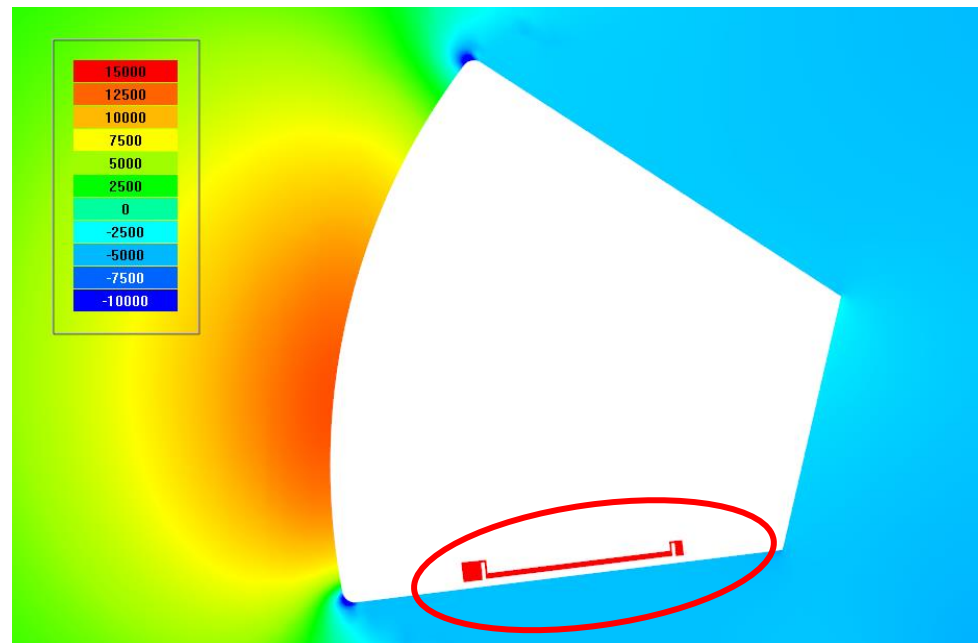
Неотражающее
(Границы области)



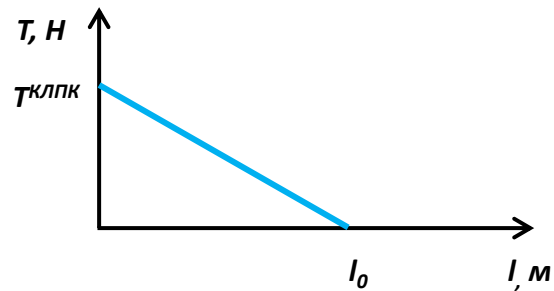
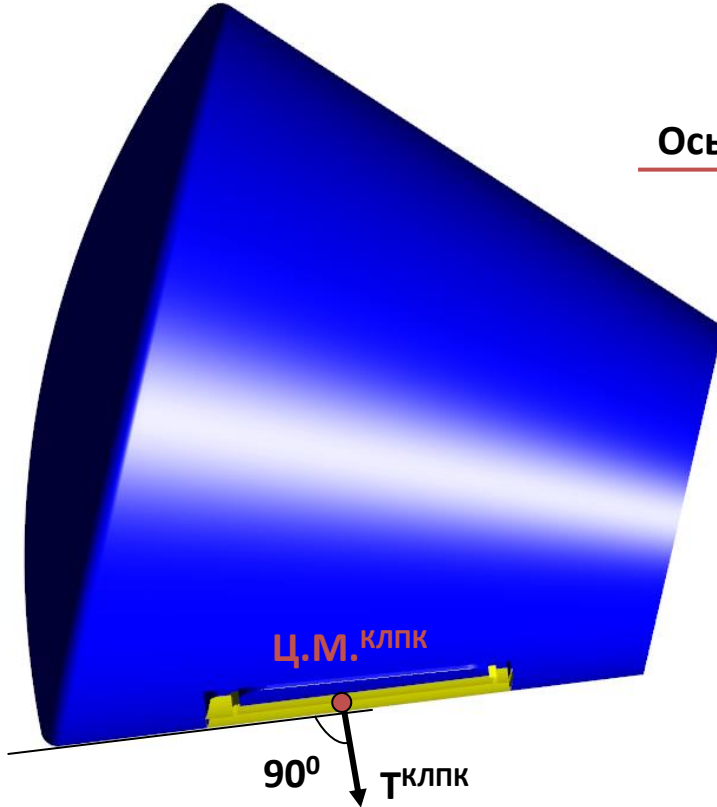
Начальная скорость невозмущенного потока



Избыточное давление в герметичном контейнере под КЛПК

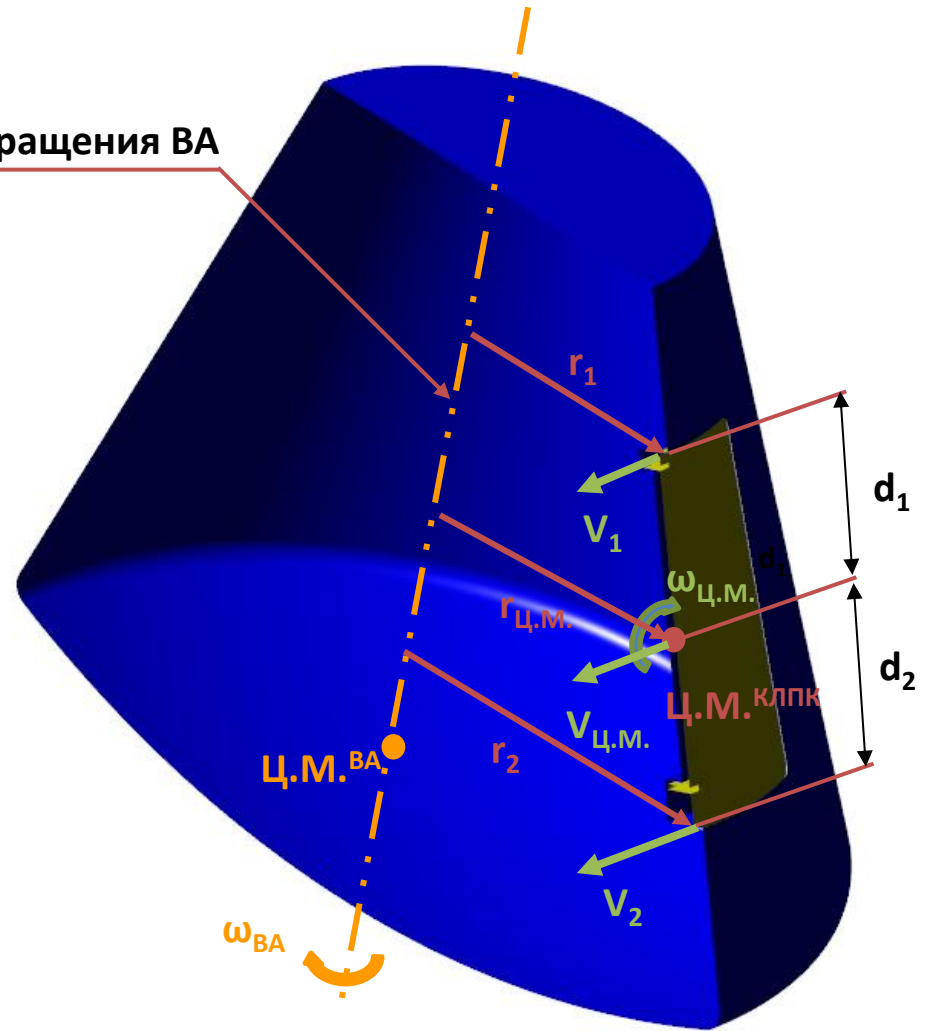


Без учета вращения ВА

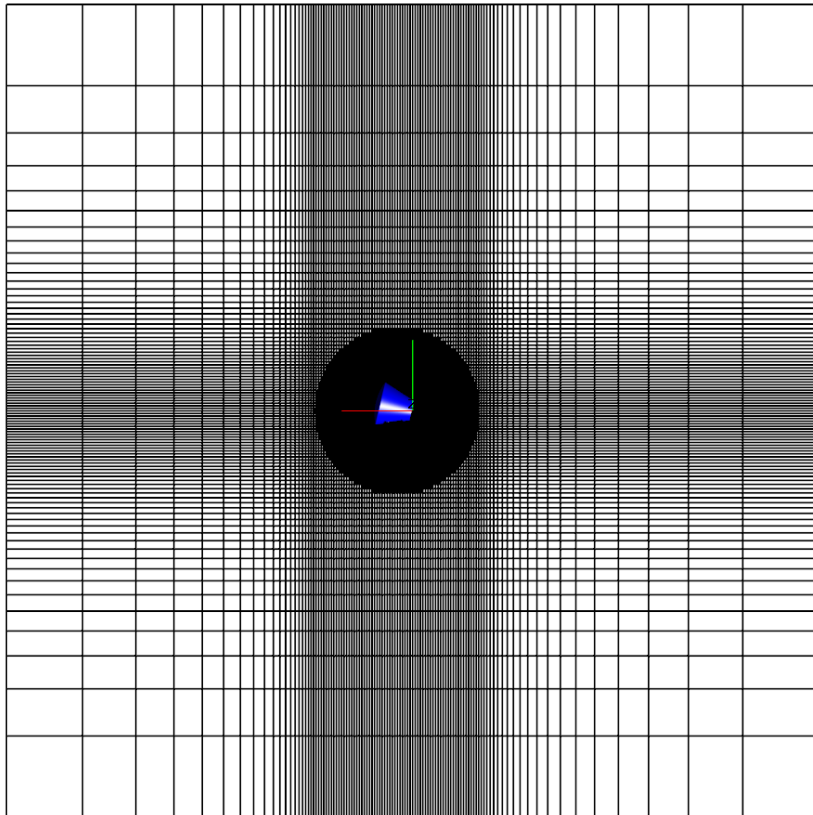


С учетом вращения ВА

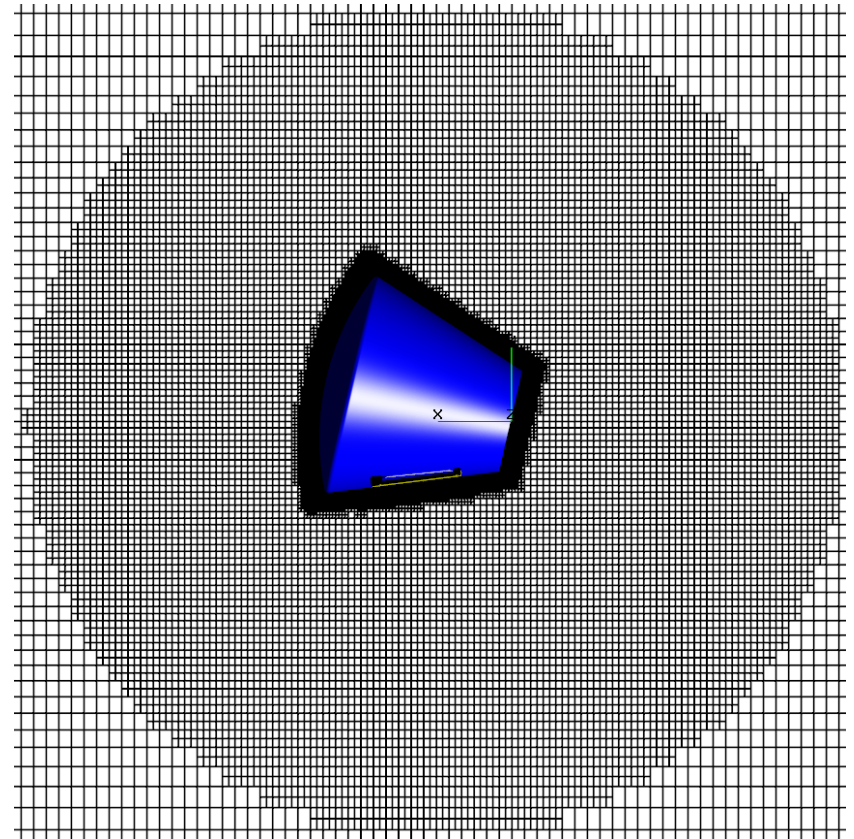
Ось вращения ВА



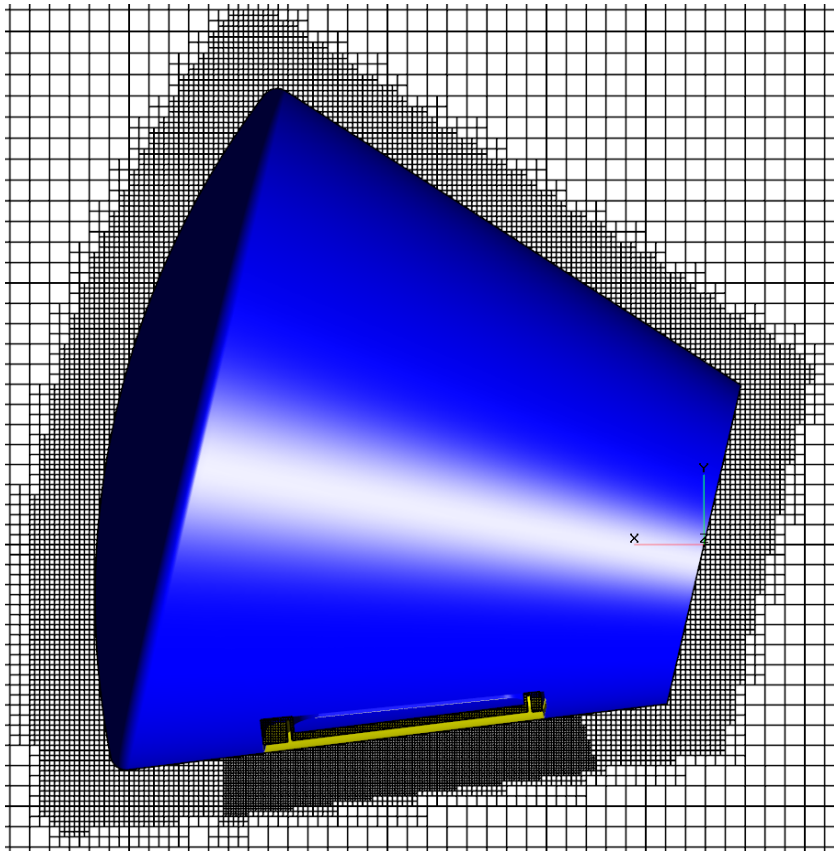
Общий вид расчетной сетки



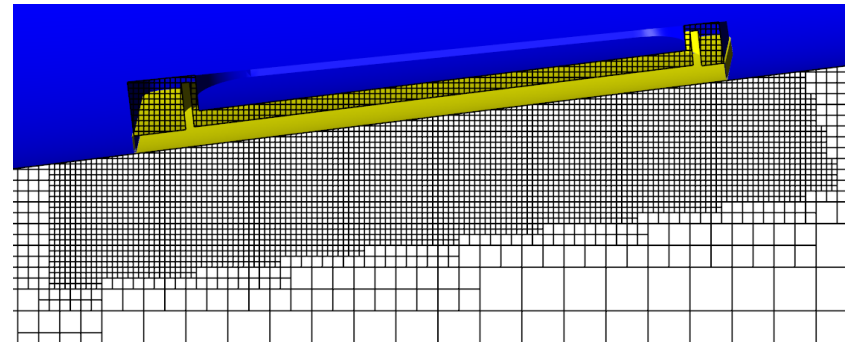
Адаптация 1-го уровня

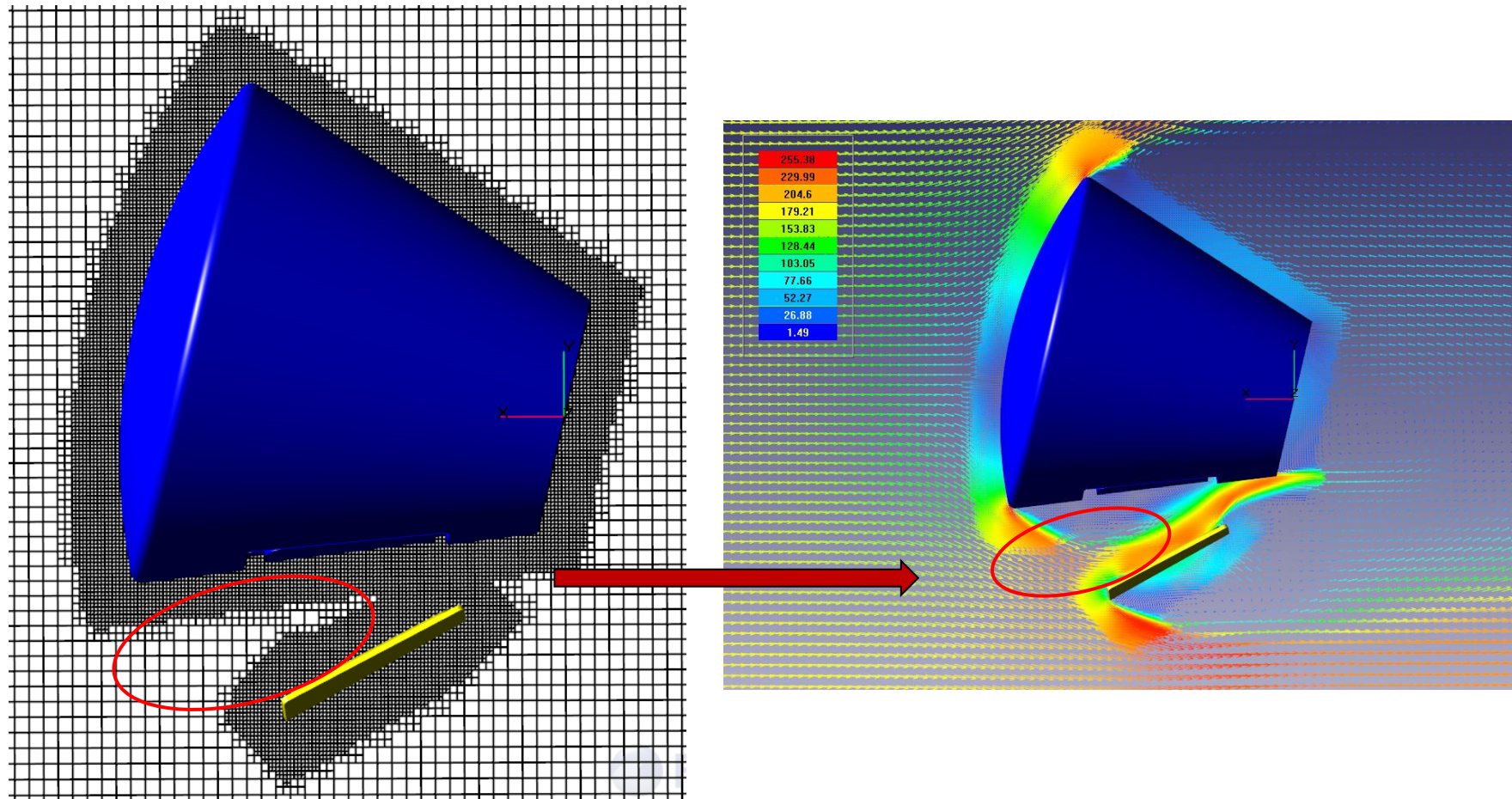


Адаптация 3-го уровня



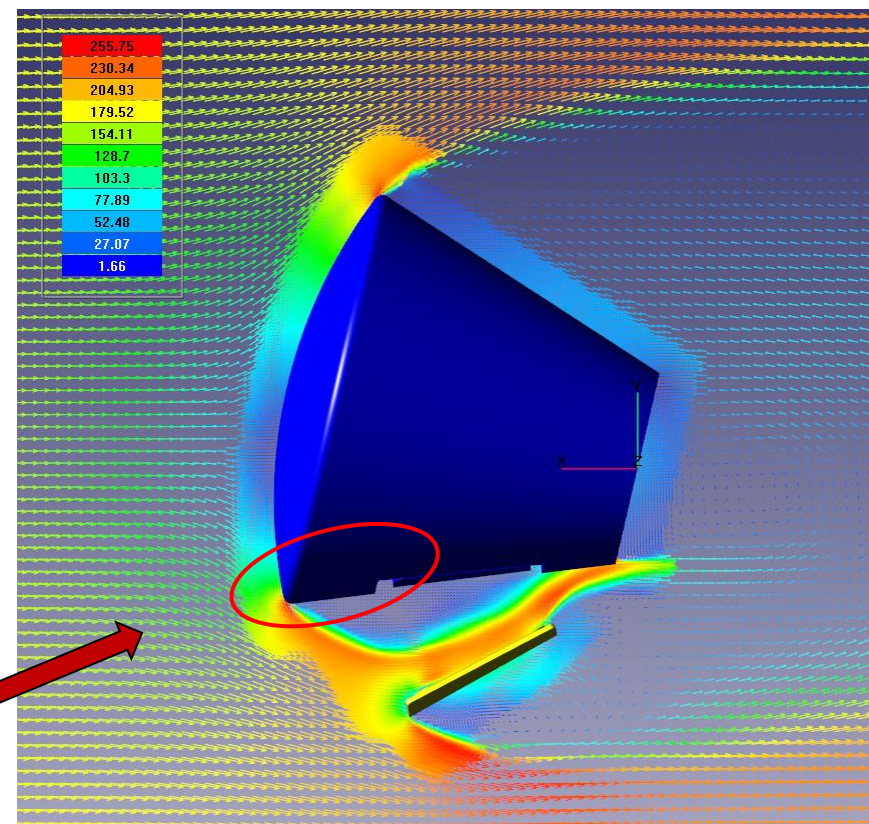
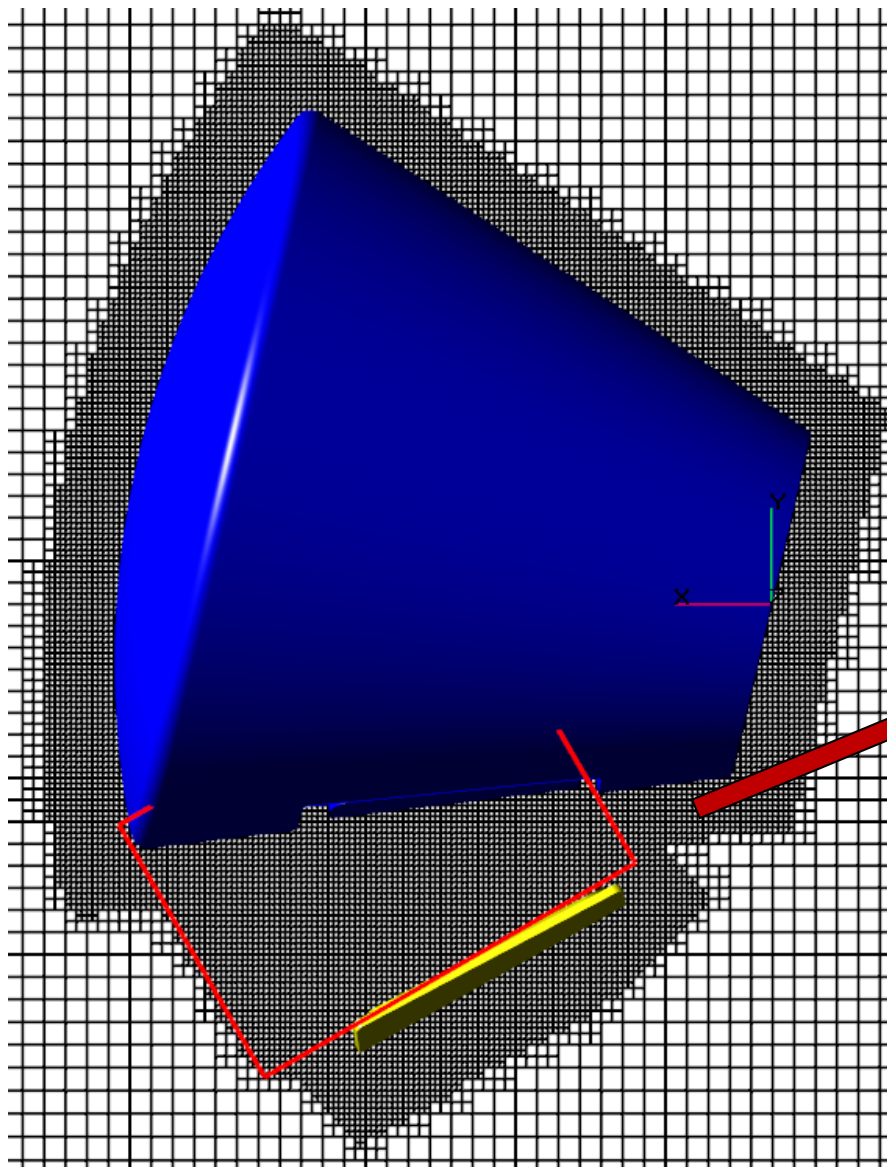
Адаптация 4-го уровня





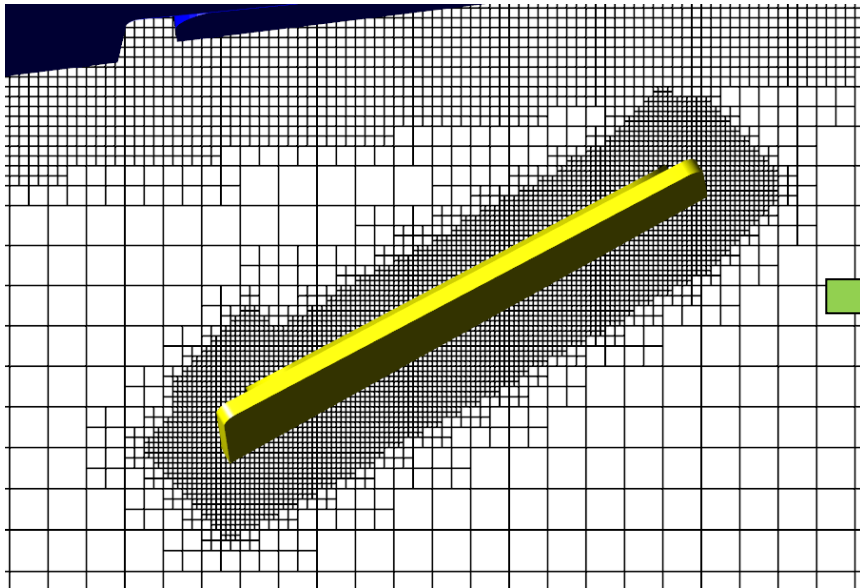
Вариант 1: адаптация по поверхности КЛПК 3-го уровня в 16 слоев
 $N = 2\,750\,000$

- Неоднородность сетки между ВА и КЛПК

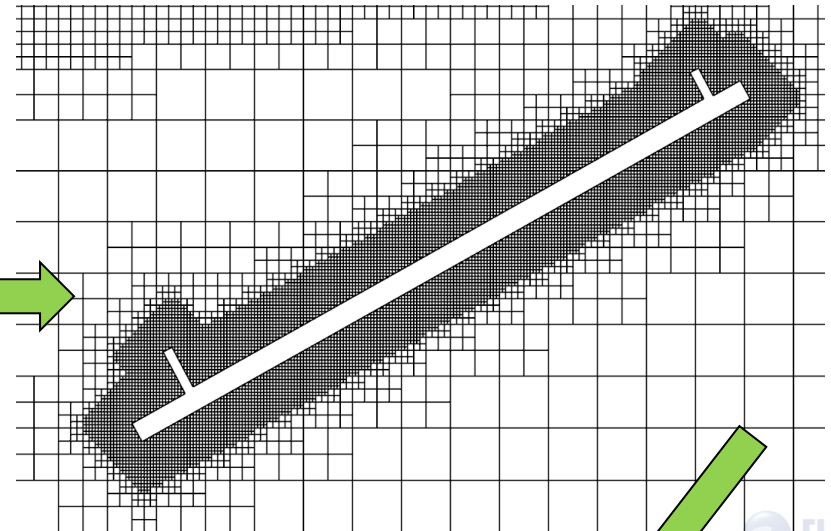


**Вариант 2: адаптация по поверхности КЛПК
3-го уровня в 16 слоев, адаптация в объеме
параллелепипеда 3-го уровня
N = 2 790 000**

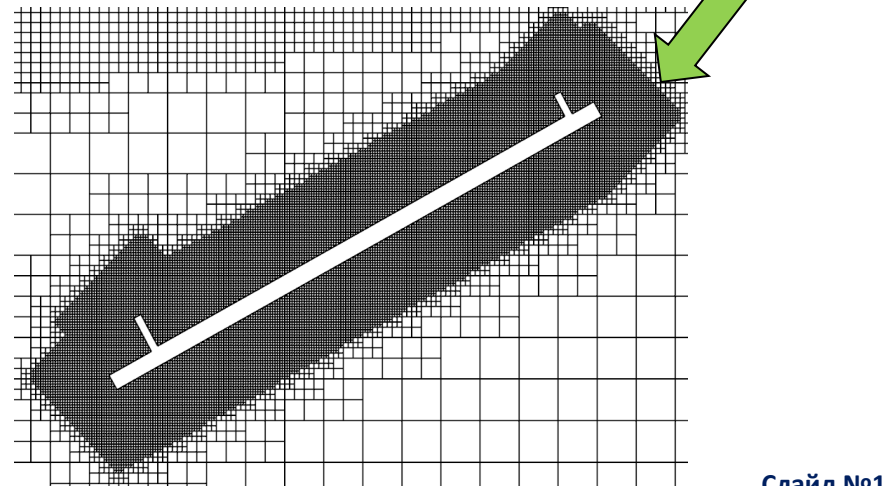
**Вариант 3: адаптация по поверхности КЛПК
4-го уровня в 16 слоев
N = 3 000 000**

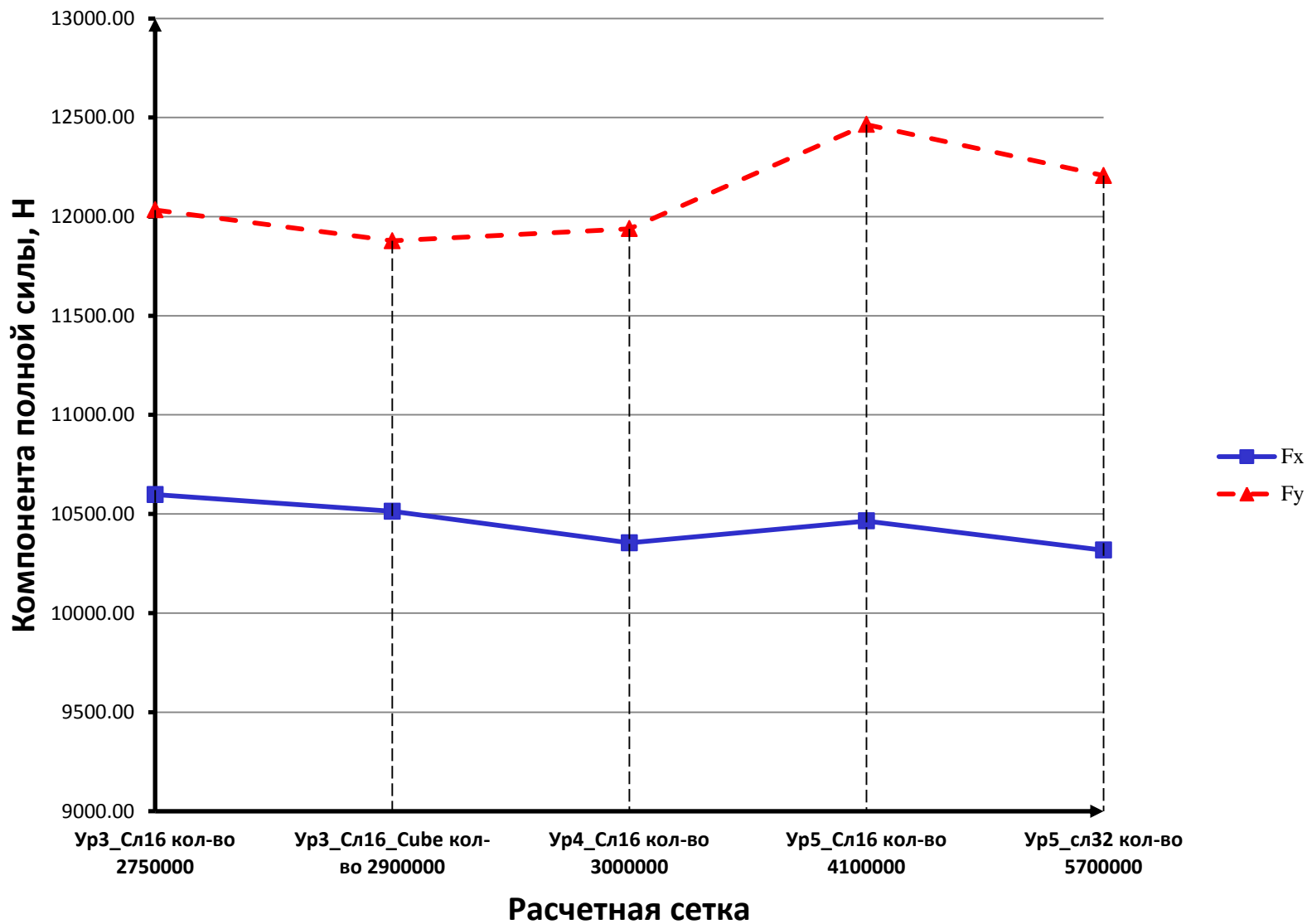


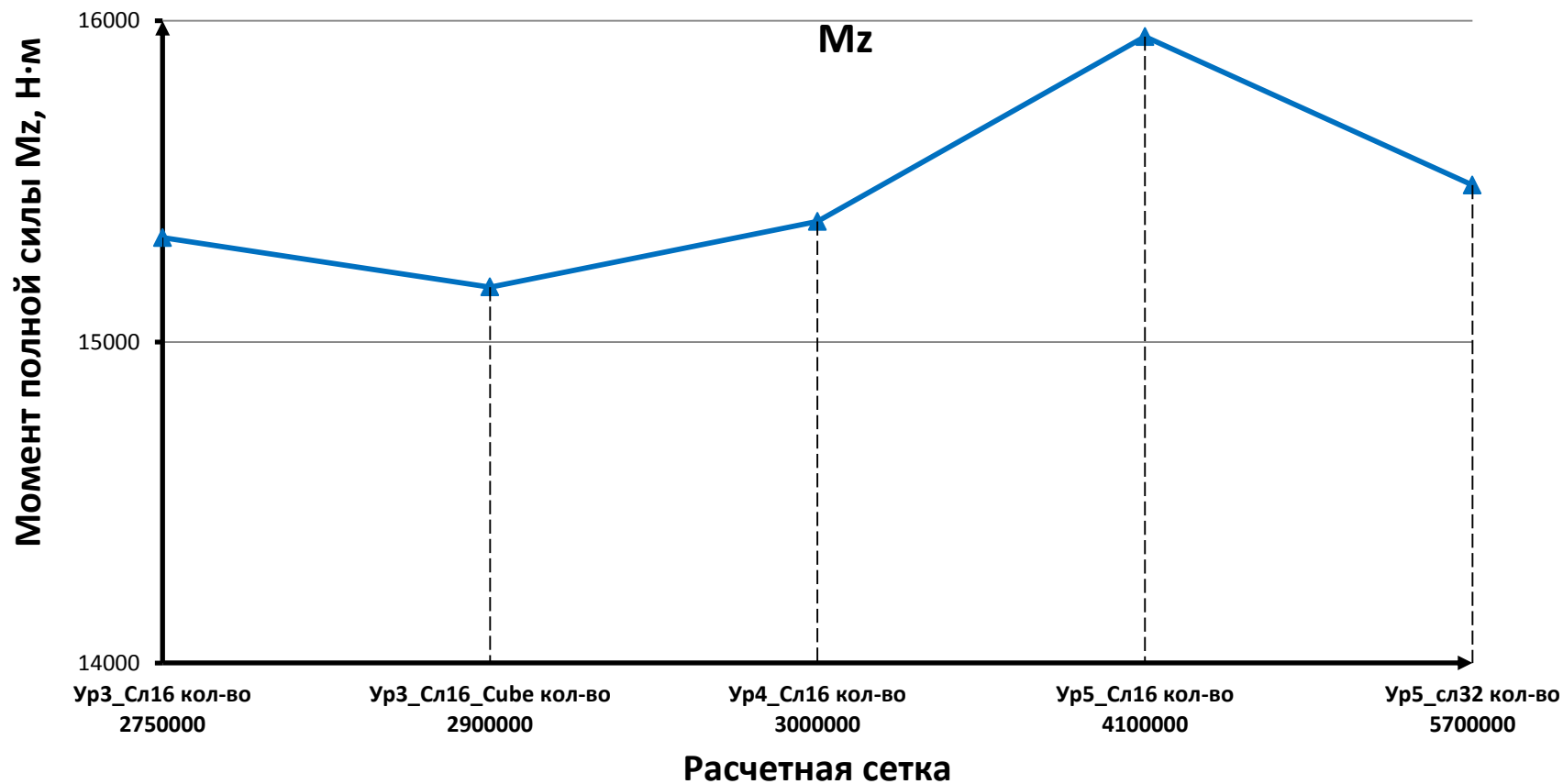
**Вариант 4: адаптация по поверхности КЛПК
5-го уровня в 16 слоев
N = 4 100 000**




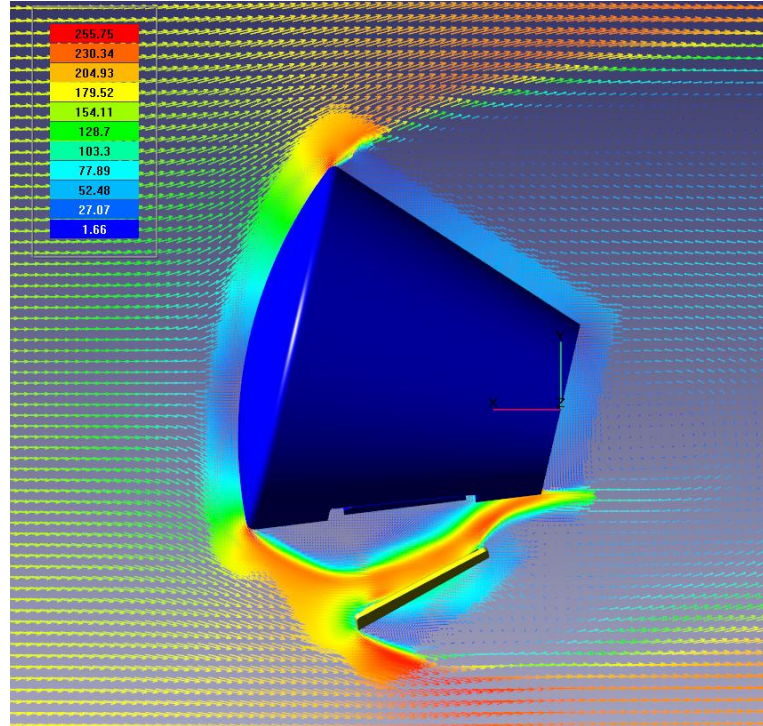
**Вариант 5: адаптация по поверхности КЛПК
5-го уровня в 32 слоя
N = 5 700 000**



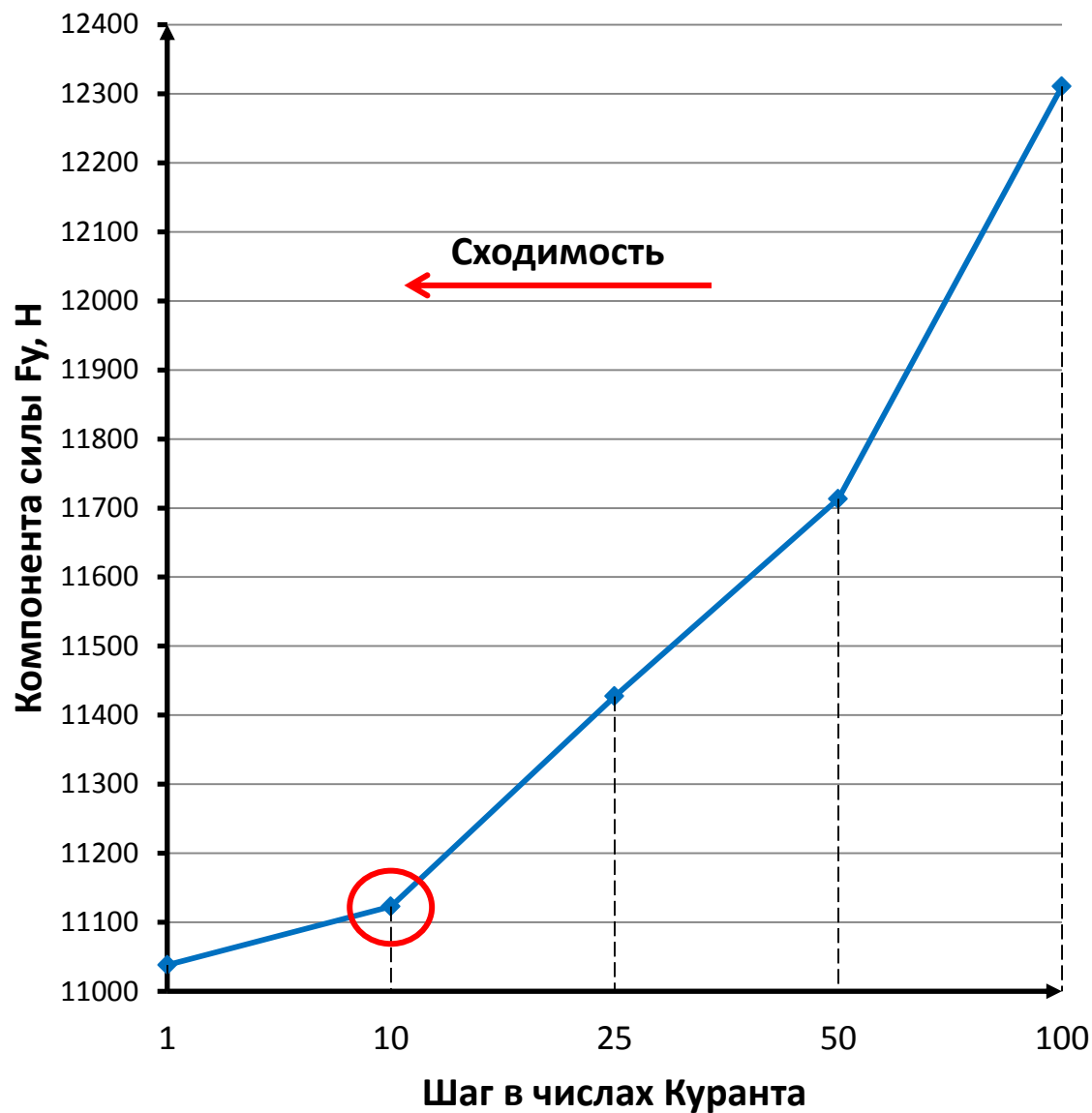




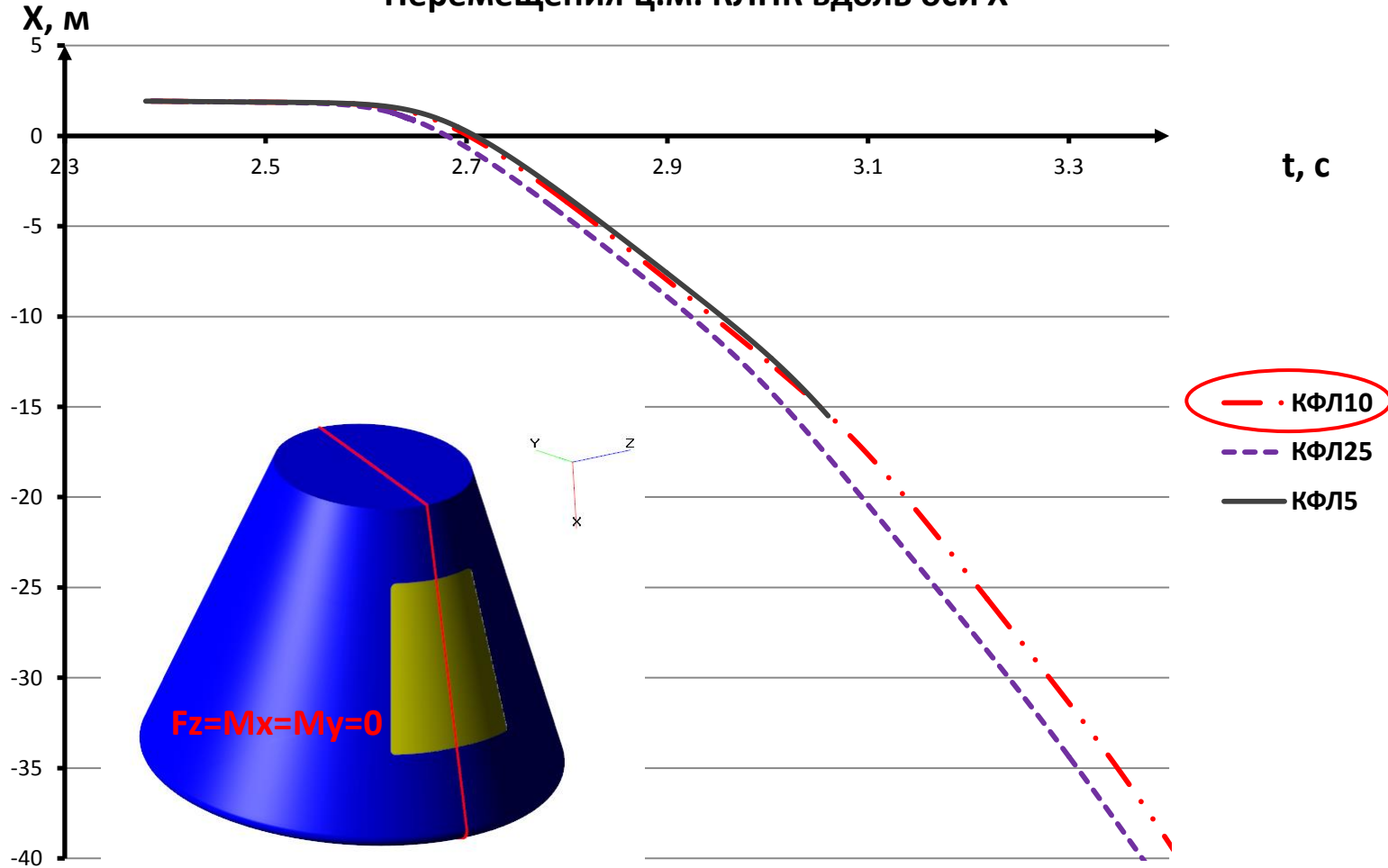
- Нестационарный процесс
- Явный шаг по времени $\approx 1 \cdot 10^{-5}$  Длительное время решения

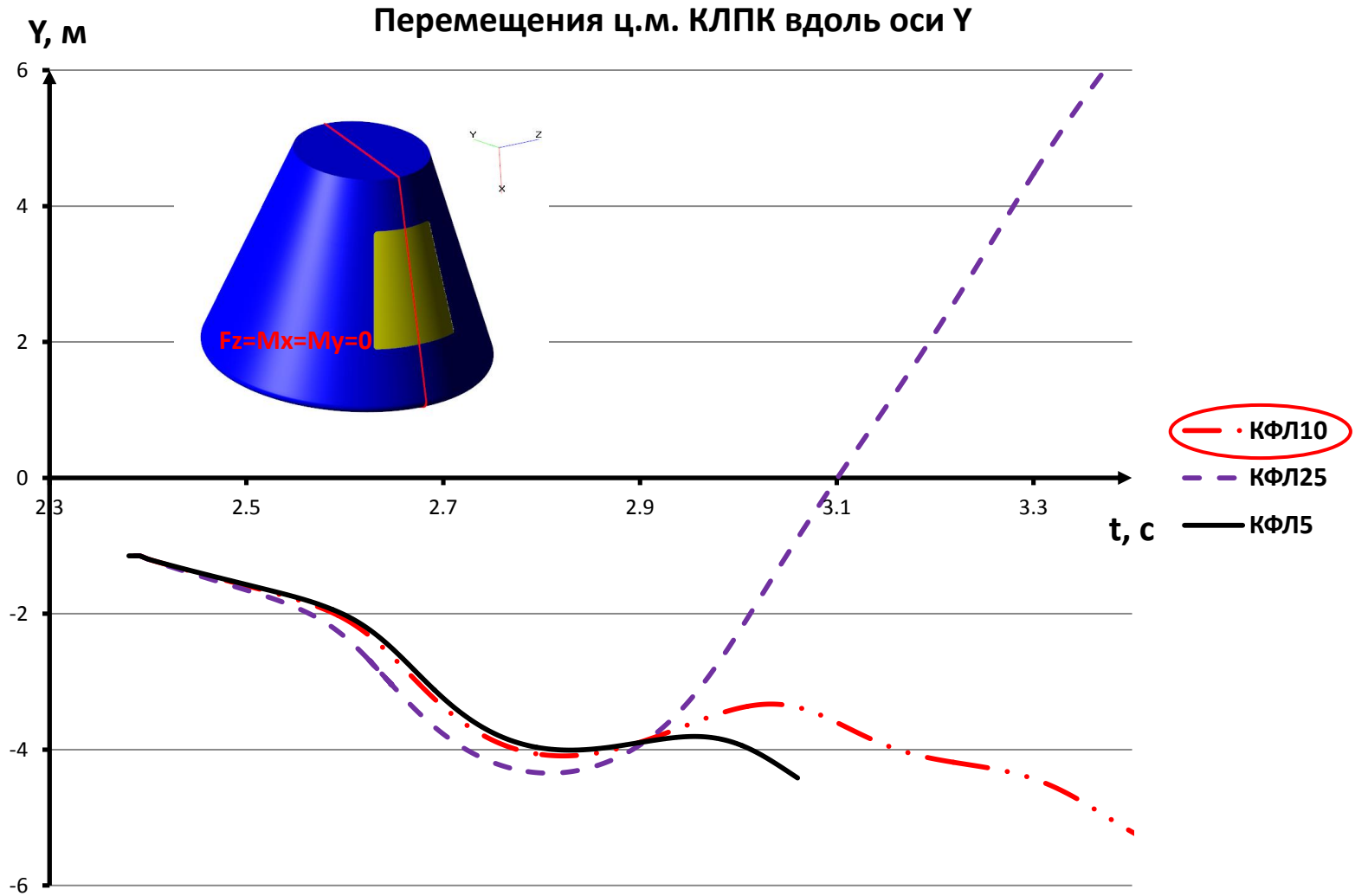


Цель исследования: выбор оптимального шага интегрирования с точки зрения точность/время расчета



Перемещения ц.м. КЛПК вдоль оси X





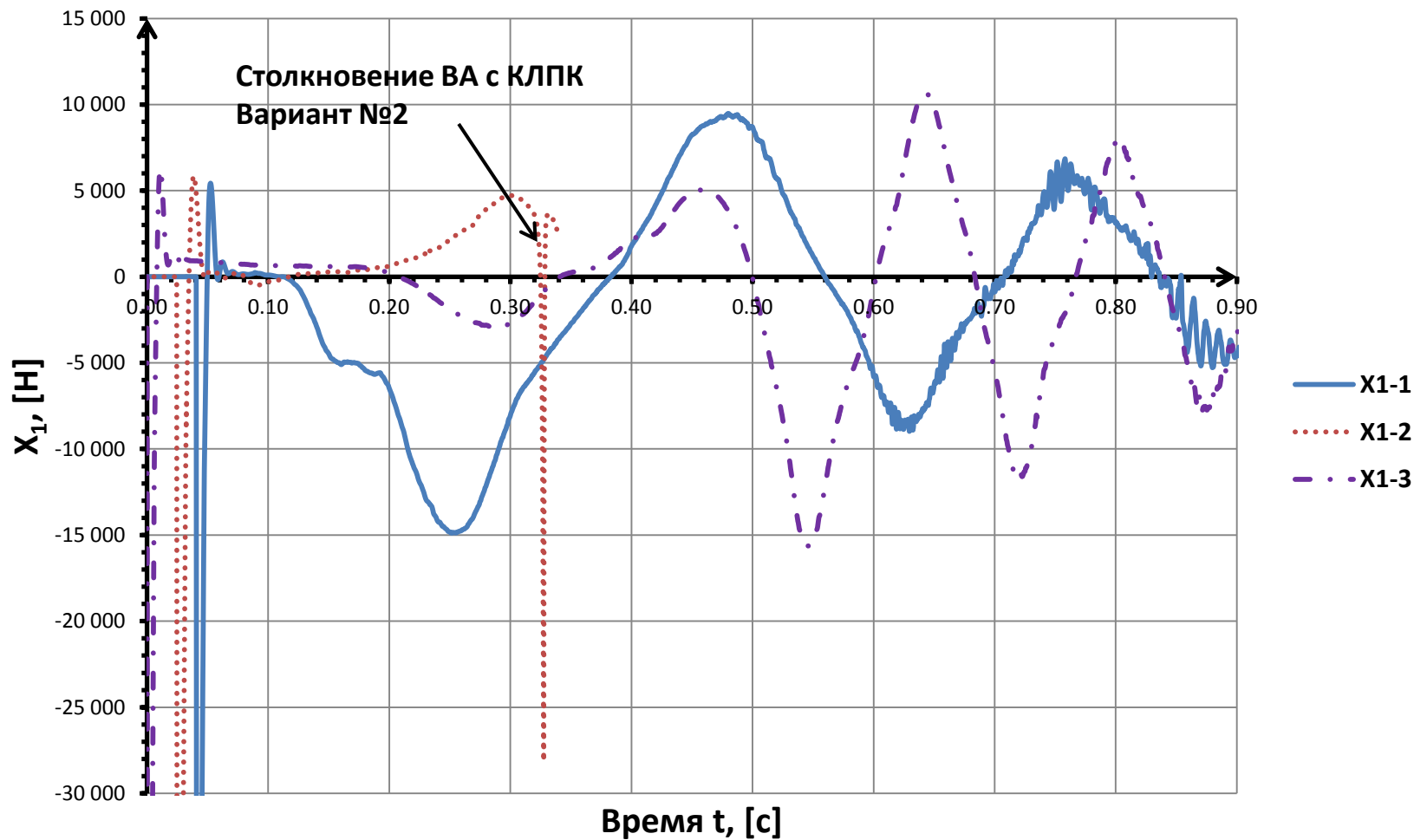
Кластер МГУ Ломоносов (Москва)

Intel Xeon 5500,
2.9 ГГц, 12 ГБ/узел
Режим расчета:
128 ядра (16*8)
Время счета 1 шага **16 с**

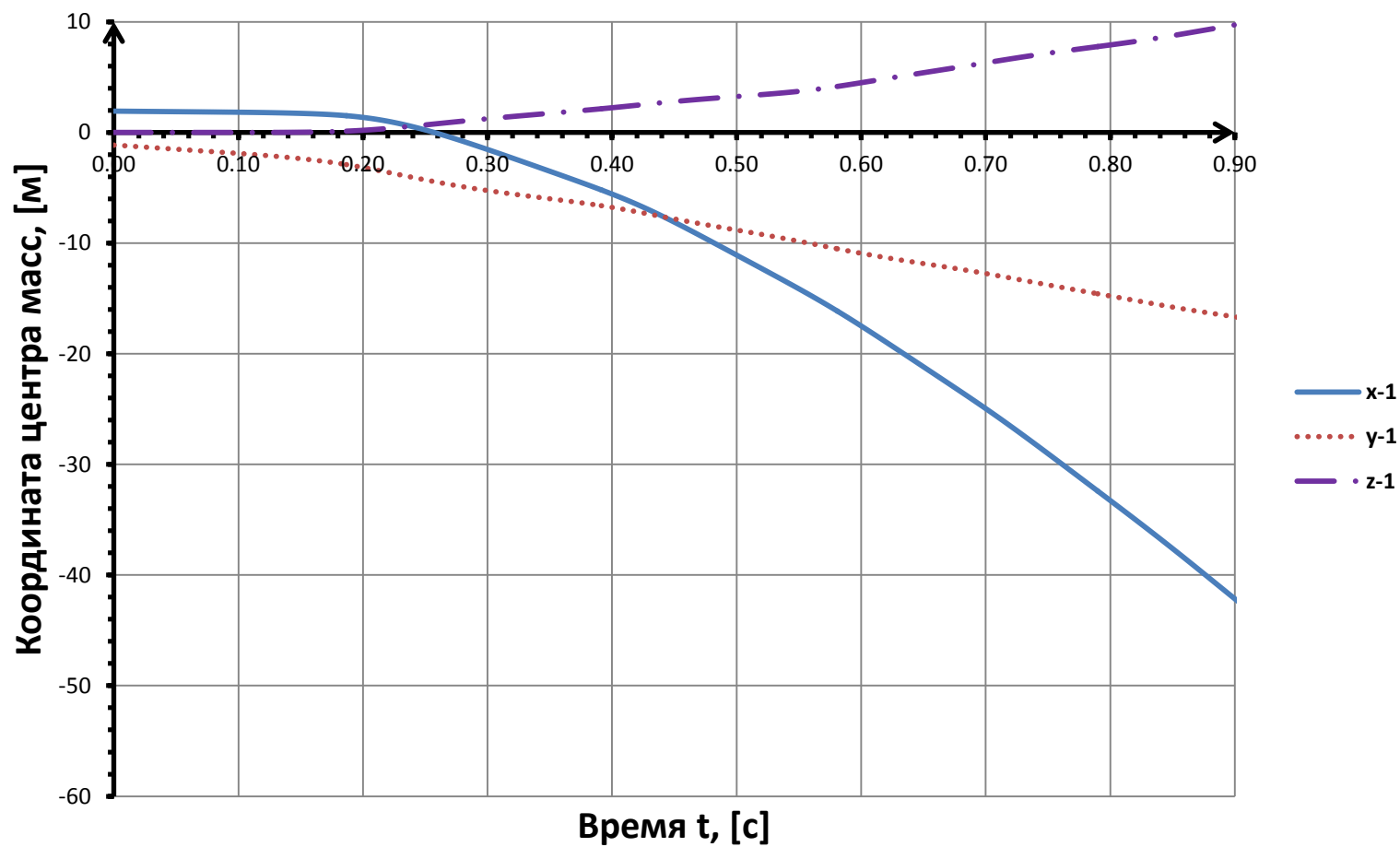


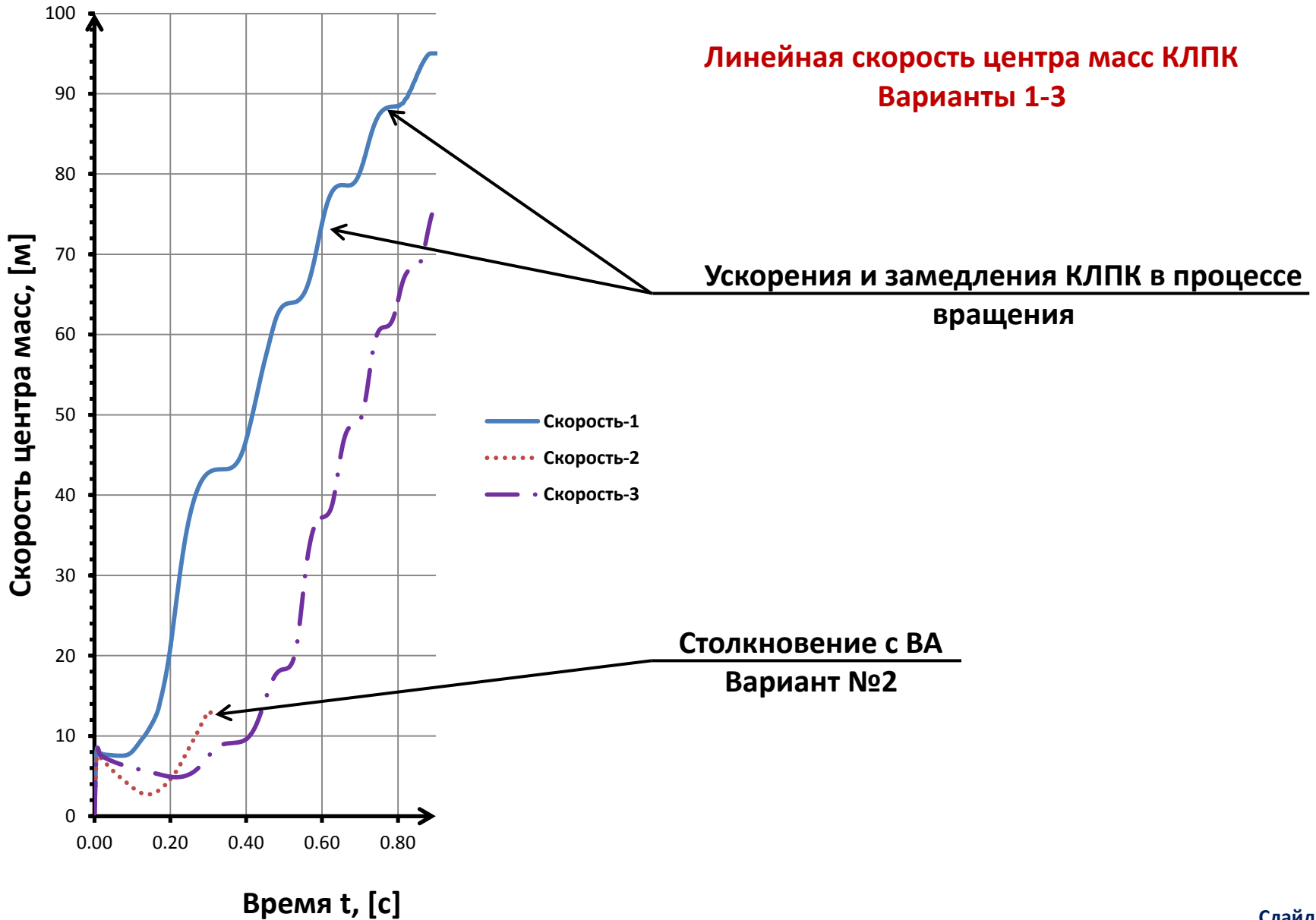
Время расчета одного варианта **от 24 до 28 часов** непрерывного счета
(Ломоносов)
без учета предварительной проточки

Аэродинамическая продольная сила Варианты №1-3

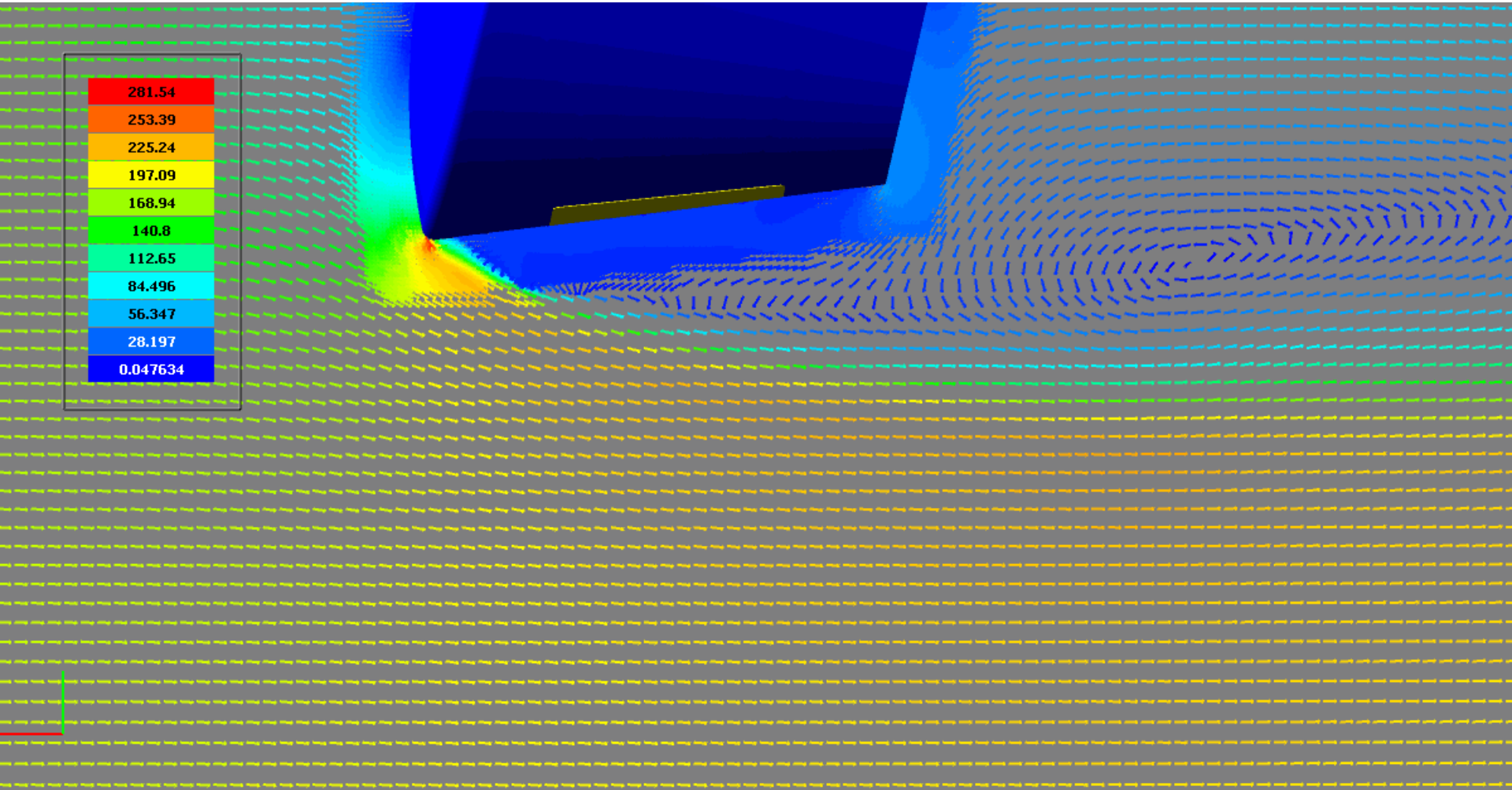


Перемещения центра масс КЛПК вдоль осей ГСК Вариант №1

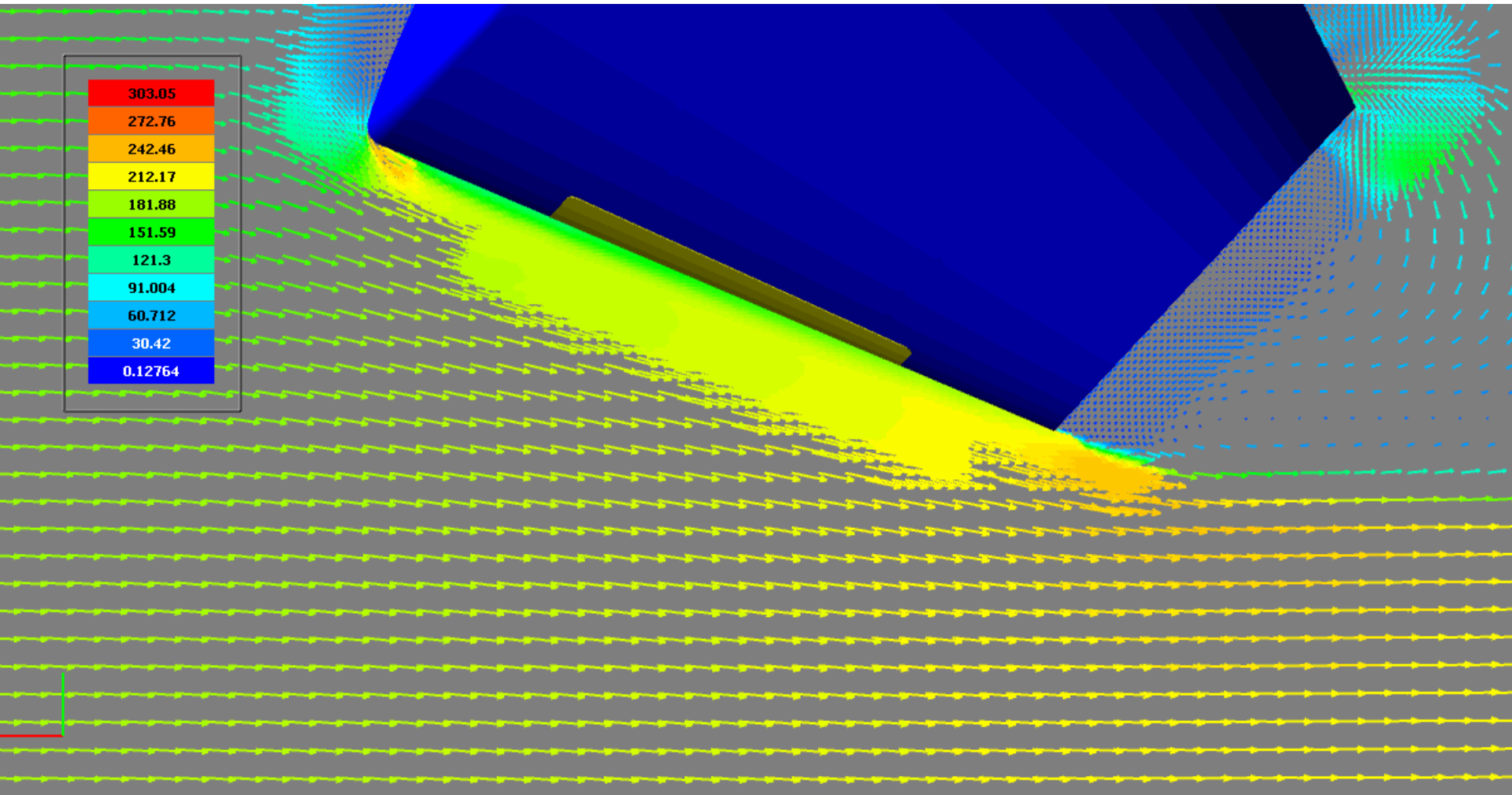




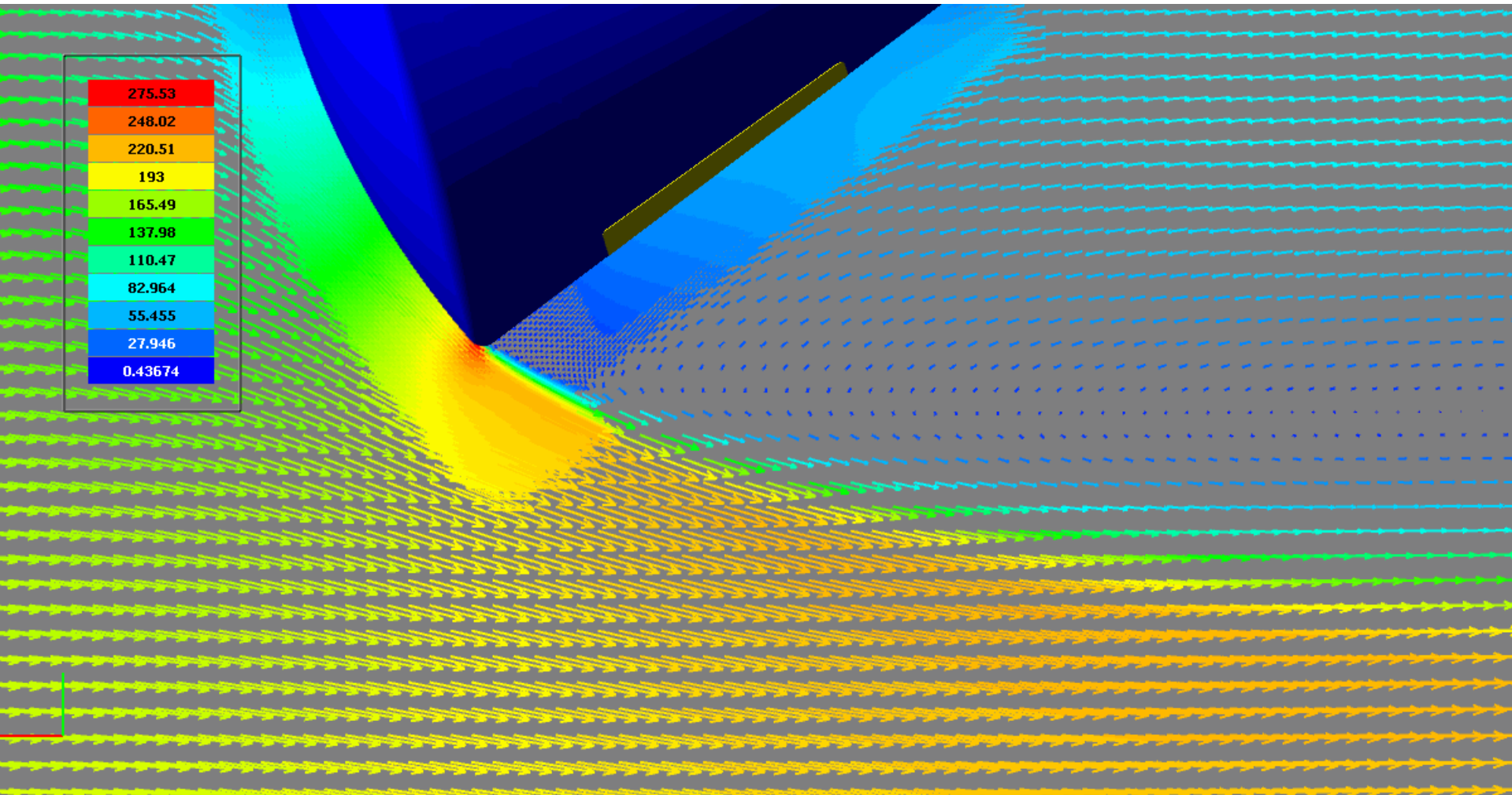
Векторное поле скоростей Вариант №1



Векторное поле скоростей Вариант №2



Векторное поле скоростей Вариант №3



- 1. В настоящей работе проведены расчетные исследования разделения ВА и КЛПК**
- 2. Получены аэродинамические характеристики ВА и КЛПК в процессе разделения, а также траектории движения КЛПК для 30 вариантов**
- 3. Задачи подобного рода весьма трудоемки в расчетах и требуют значительных вычислительных ресурсов.**
- 4. Результаты расчетов требуют верификации**