



Конечно-элементное моделирование и исследование устройства системы поглощения энергии (краш-бокс) при фронтальном краш-тесте автомобиля

Выполнил

студент гр.4055/1

Хакало С.С.

Руководители

проф. Боровков А.И.

асс. Клявин О.И.



Содержание работы

Введение

1. Метод конечных элементов. Конечно-элементное решение задач теории упругости гетерогенной анизотропной среды

2. Конечно-элементное моделирование задачи о потере устойчивости

2.1 Описание проблемы

2.2 Аналитическая постановка задачи о потере устойчивости по Эйлеру

2.3 Конечно-элементная постановка, моделирование и решение задачи о потере устойчивости по Эйлеру

2.3.1 Физико-механические свойства материала

2.3.2 Конечно-элементное моделирование задачи о потере устойчивости по Эйлеру в балочной постановке

2.3.3 Конечно-элементное моделирование задачи о потере устойчивости по Эйлеру в оболочечной постановке

2.3.4 Конечно-элементное моделирование задачи о потере устойчивости по Эйлеру в твердотельной постановке

3. Конечно-элементное моделирование работы краш-бокса

3.1 Конечно-элементная модель краш-бокса

3.2 Конечно-элементное моделирование работы краш-бокса при ударе о недеформируемую стену

3.2.1 Параметры моделирования

3.2.2 Тип конечных элементов

3.2.3 КЭ решение задачи контактного динамического взаимодействия краш-бокса с недеформируемой стеной

3.2.4 Модификации модели краш-бокса

4. Конечно-элементное моделирование фронтального краш-теста USNCAP автомобиля

4.1 Постановка задачи

4.2 Описание конечно-элементной модели задачи

4.3 Конечно-элементное решение задачи контактного взаимодействия автомобиля в стандартной и модифицированной комплектации с недеформируемой стеной при фронтальном краш-тесте USNCap

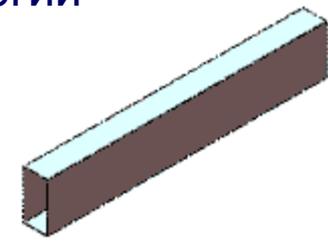
Заключение

Описание проблемы

- Краш-бокс расположен в передней части передней рамы автомобиля
- предназначен для поглощения максимального количества энергии при фронтальном столкновении автомобиля

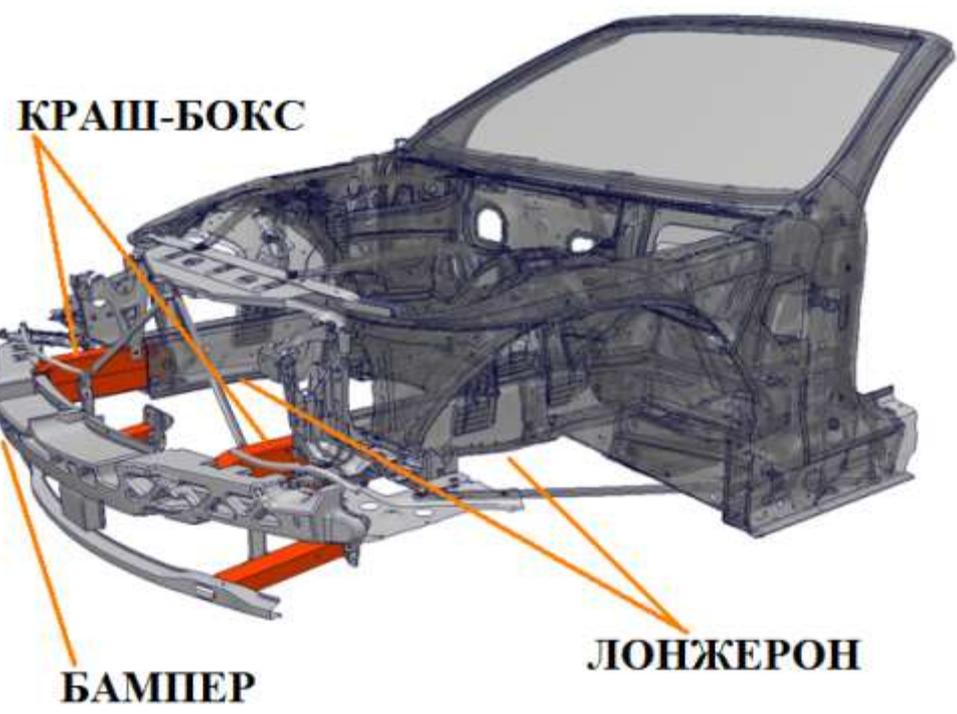
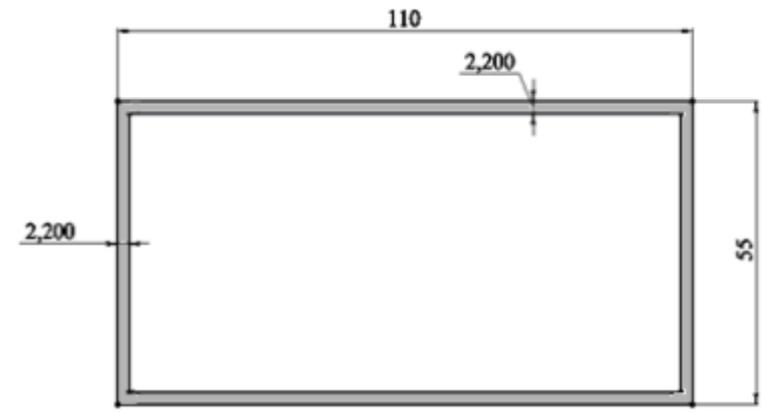
- Цель: добиться локальной потери устойчивости
- Потеря устойчивости по Эйлеру недопустима

Модель устройства поглощения энергии



L=790 мм

Параметры сечения



Модель материала

- Материал – изотропный, однородный, упруго-пластический – сталь с высоким упрочнением

- Упругие свойства материала

плотность $\rho = 7820 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

модуль Юнга $E = 210 \text{ ГПа}$

коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$

- Квази-статическое испытание образца

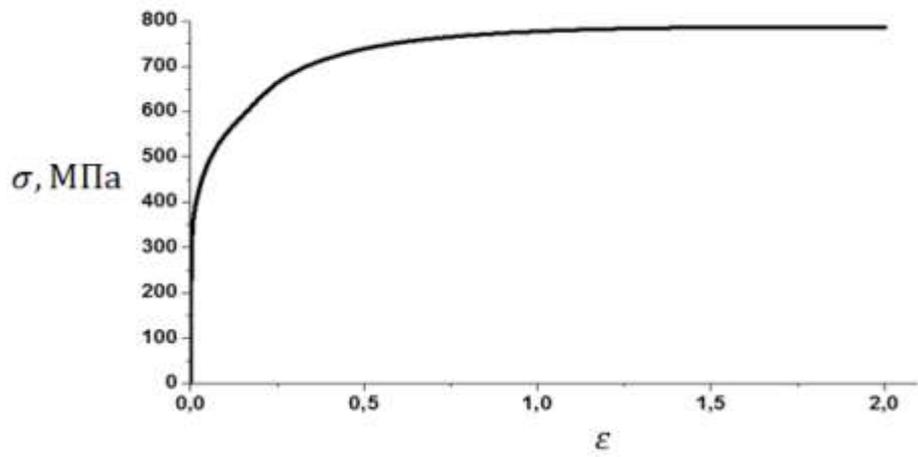
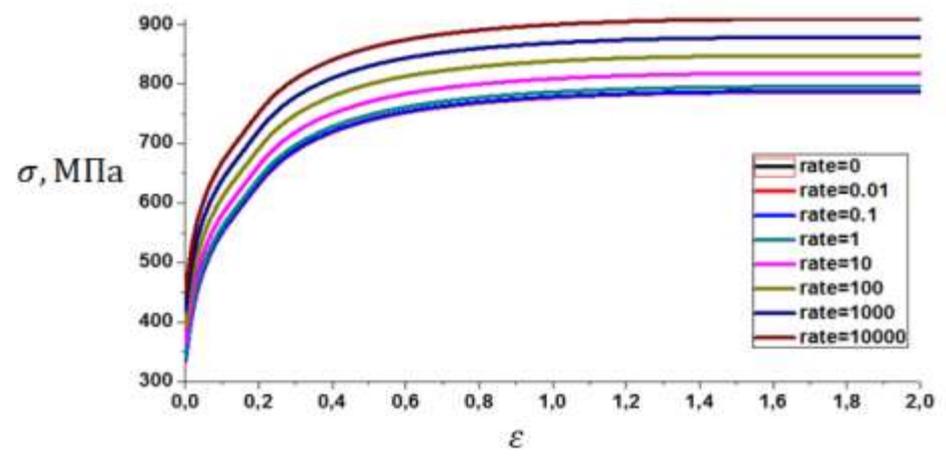


Диаграмма зависимостей напряжения-деформации

- Динамическое испытание образца

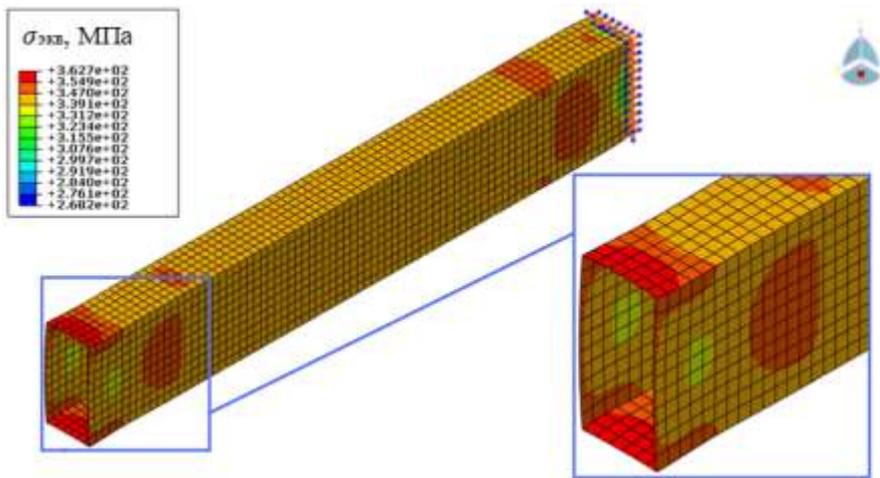


Диаграммы зависимости напряжения-остаточные деформации

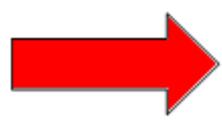
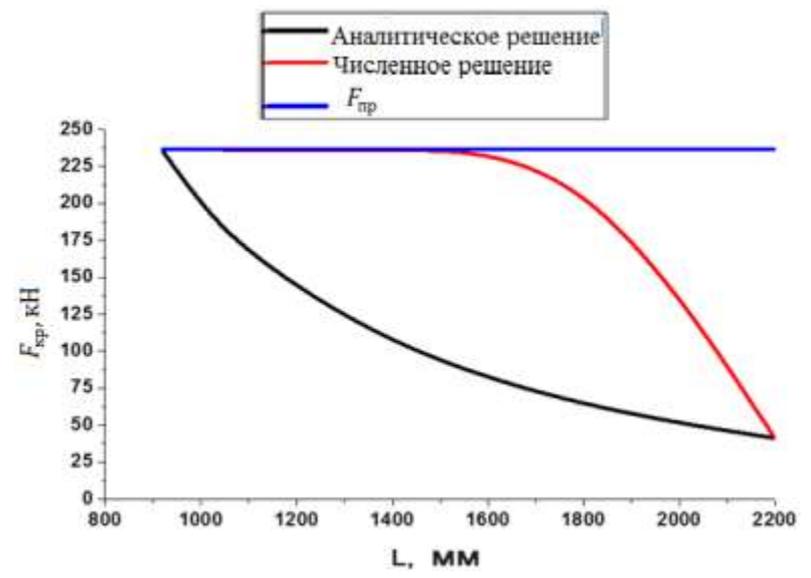
Конечно-элементное моделирование потери устойчивости балки

- Пакет КЭ анализа – SIMULIA\Abaqus
- Тип КЭ – S4R – оболочечный четырехузловой с линейной интерполяцией перемещений
- Элементов 2686
- Узлов 2720
- Степеней свободы 16320

- Зависимость критической силы от длины балки



Эквивалентные по Мизесу напряжения и формоизменение балки

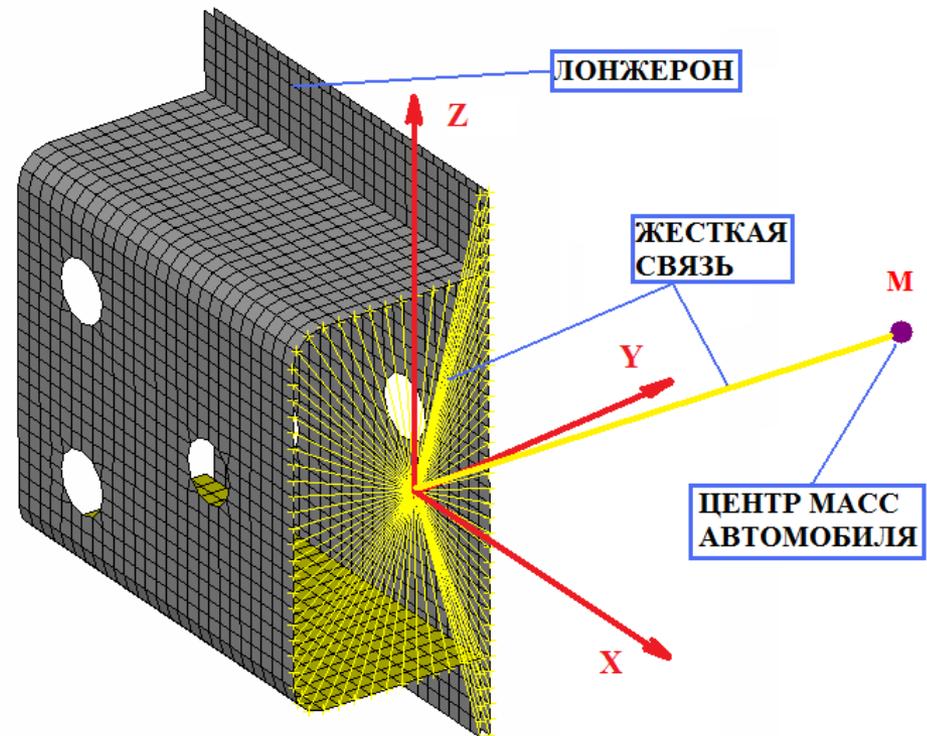
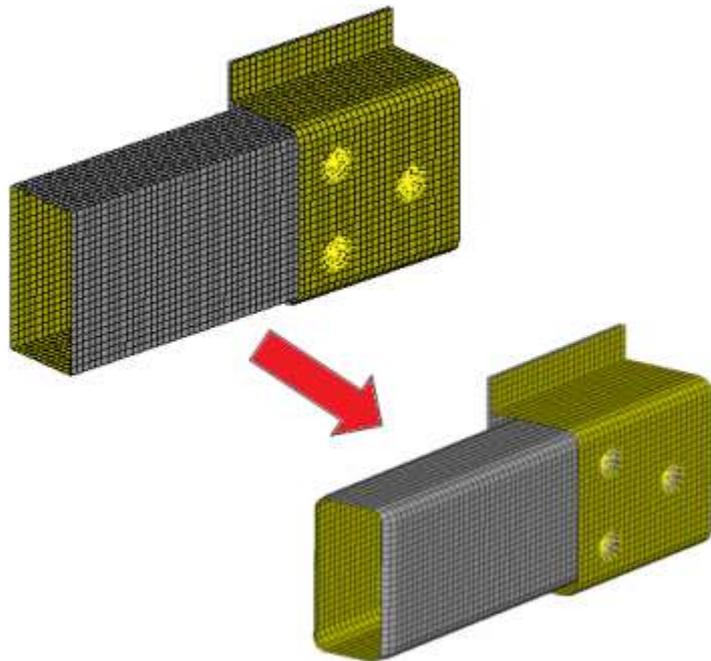


Локальная потеря устойчивости

Конечно-элементная модель краш-бокса

- Тип КЭ – S4RS, S3RS – оболочечный 4-х, 3-х узловой с линейной интерполяцией перемещений
- Элементов 5851
- Узлов 6069
- Степеней свободы 37680

- Масса автомобиля $M=1.2$ т
- Координаты ц. м. $\left\{ \begin{array}{l} X= 1500 \text{ мм} \\ Y= 600 \text{ мм} \\ Z= 300 \text{ мм} \end{array} \right.$

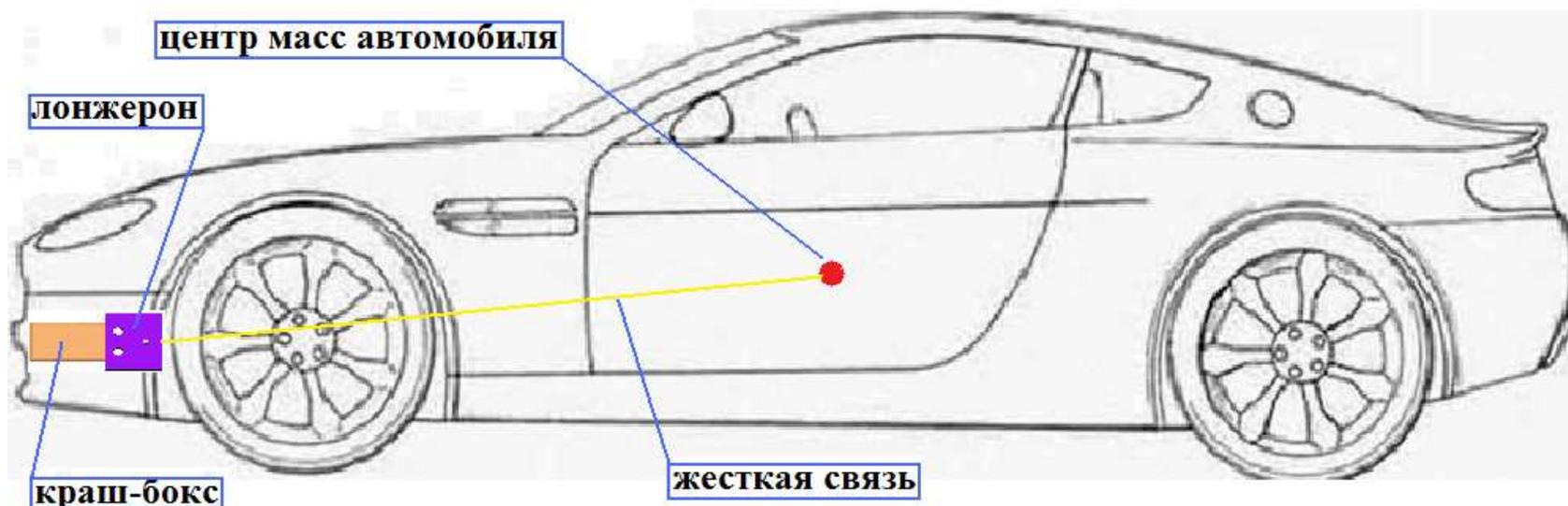


Конечно-элементное моделирование работы краш-бокса при ударе о недеформируемую стену

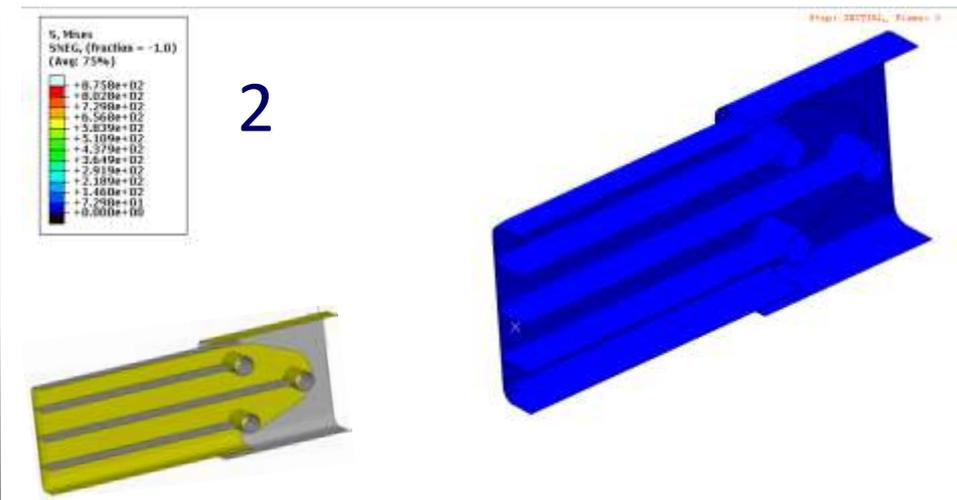
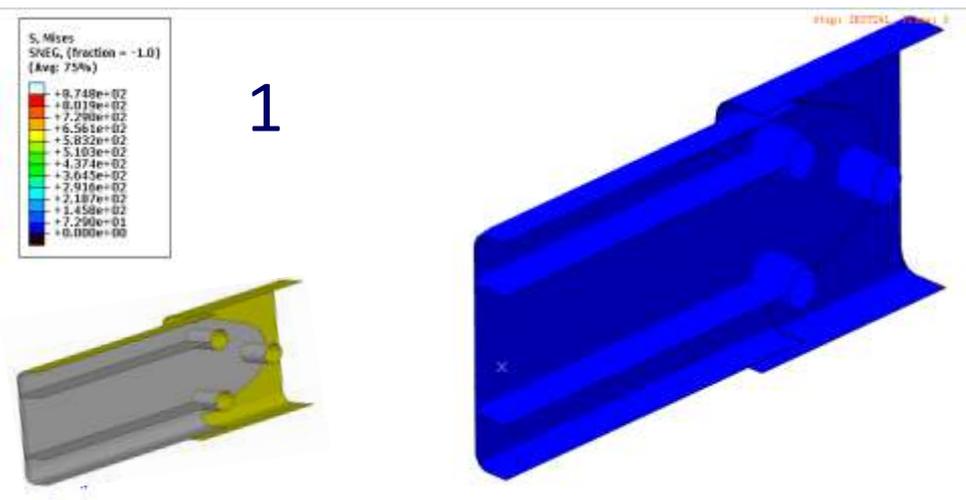
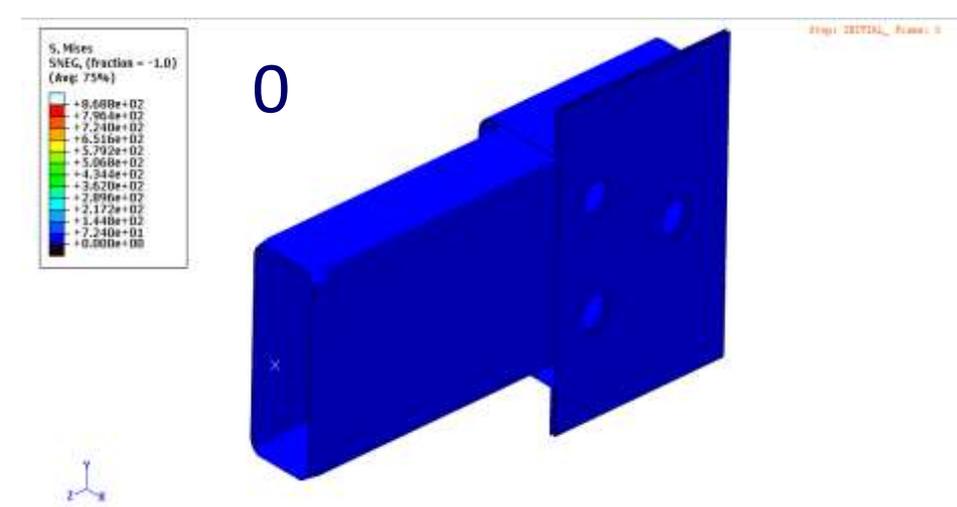
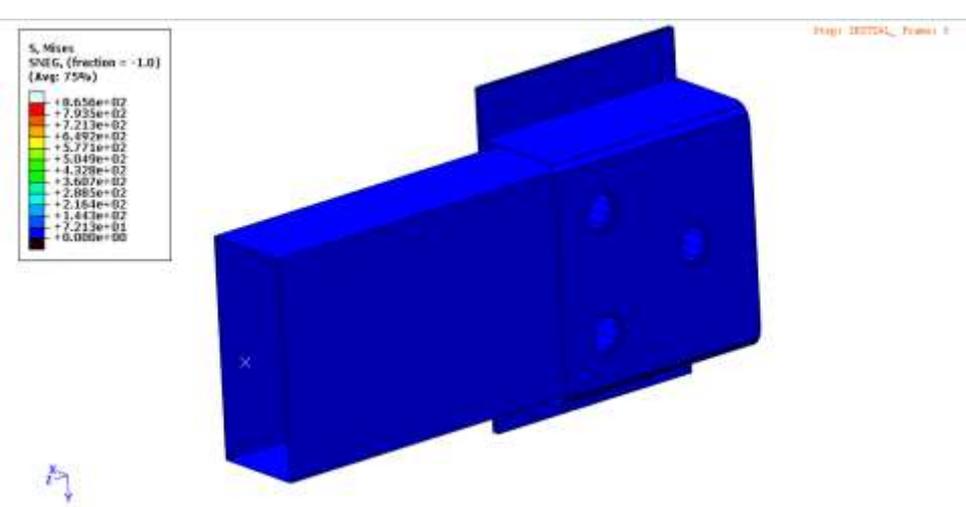
Цель моделирования и исследования: **многовариантная оптимизация конструкции краш-бокса.**

В процессе моделирования ставятся следующие задачи:

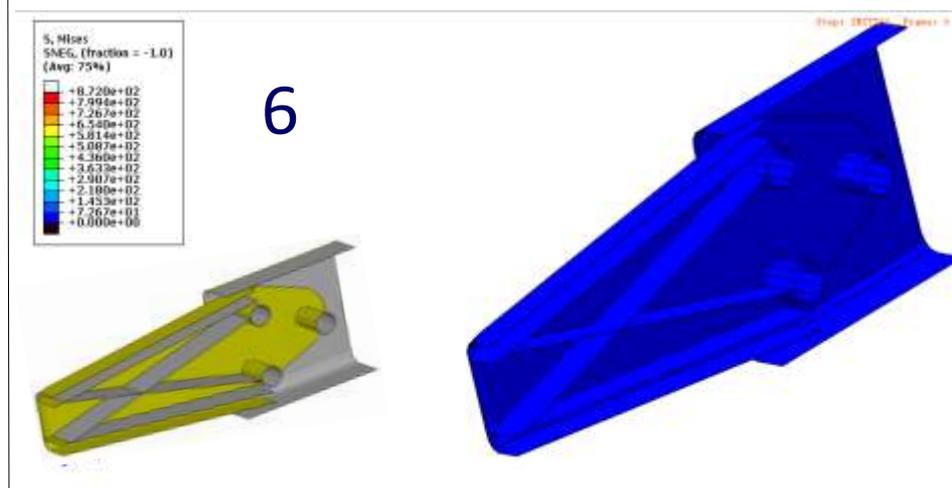
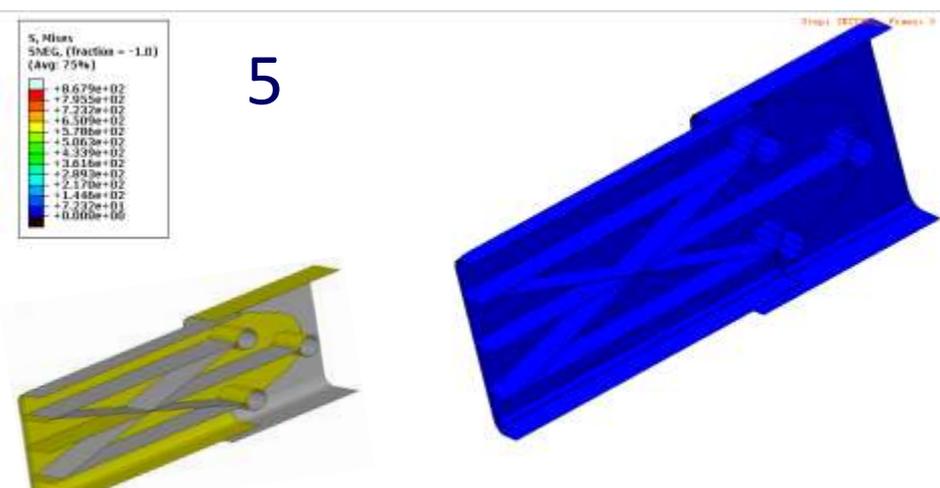
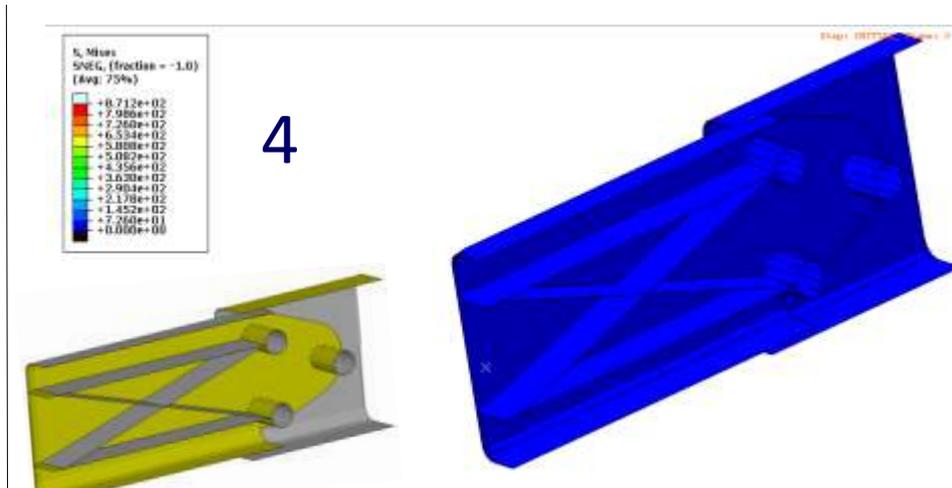
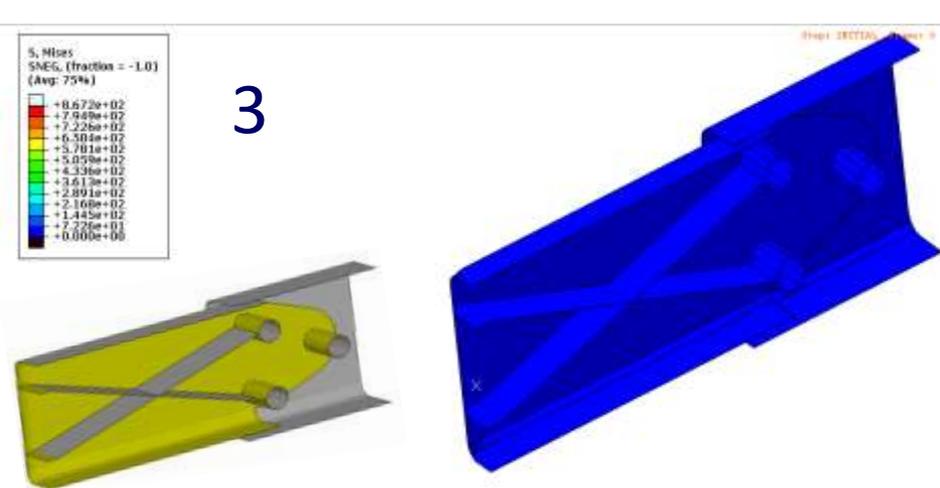
- смятие краш-бокса должно начинаться в передней части
- краш-бкс должен поглотить максимальное количество энергии при фронтальном столкновении автомобиля.



Модификации модели краш-бокса

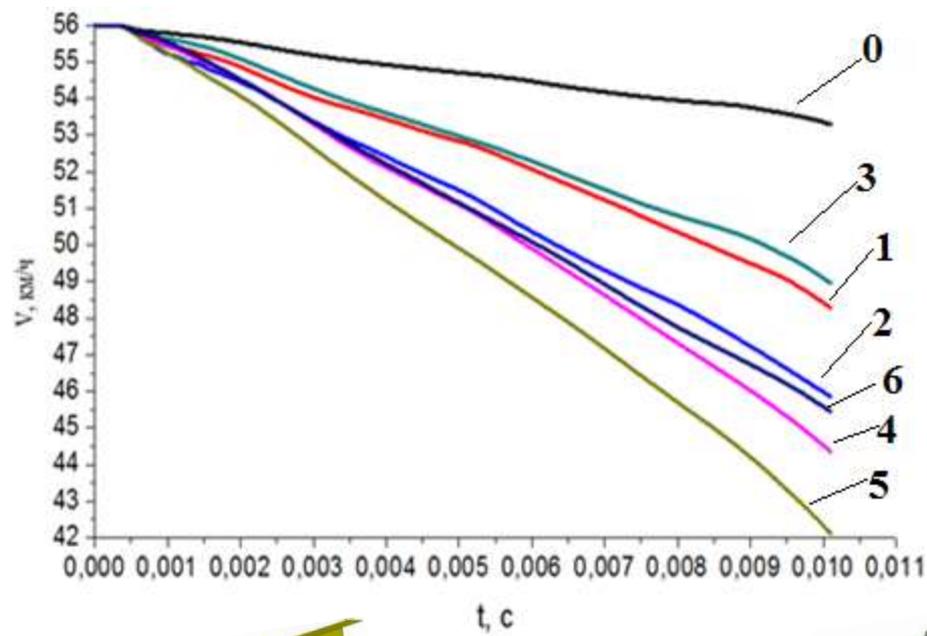


Модификации модели краш-бокса

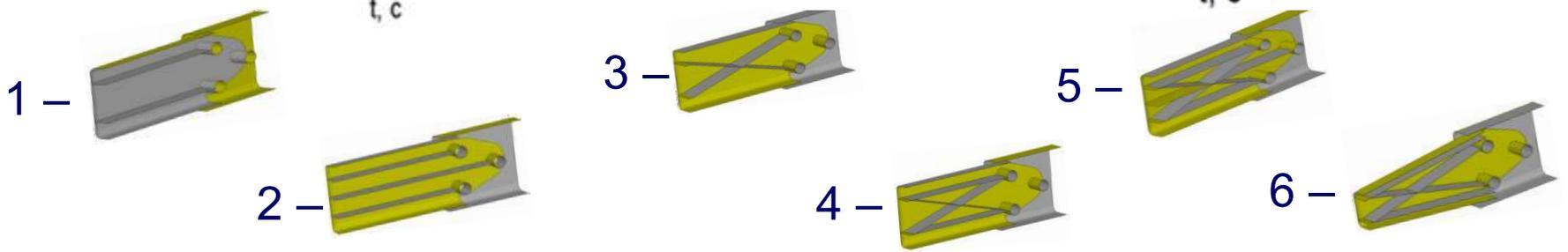
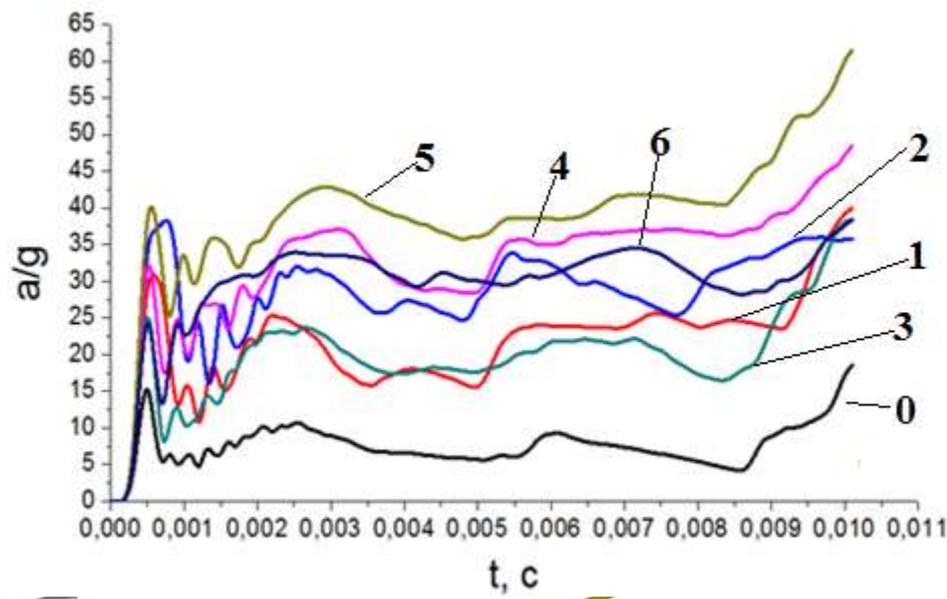


Результаты численного моделирования

- Изменение скорости центра масс автомобиля со временем



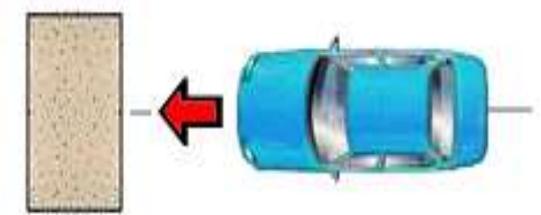
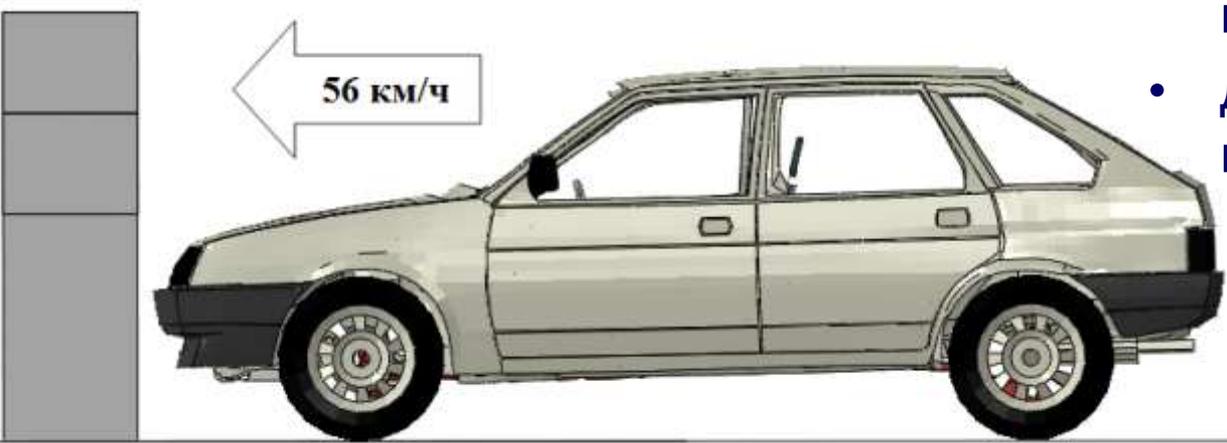
- Изменение модуля ускорения центра масс автомобиля со временем



КЭ моделирование фронтального краш-теста USNCAP автомобиля

- Постановка задачи

- Начальная скорость, гравитация
- Динамическое контактное взаимодействие



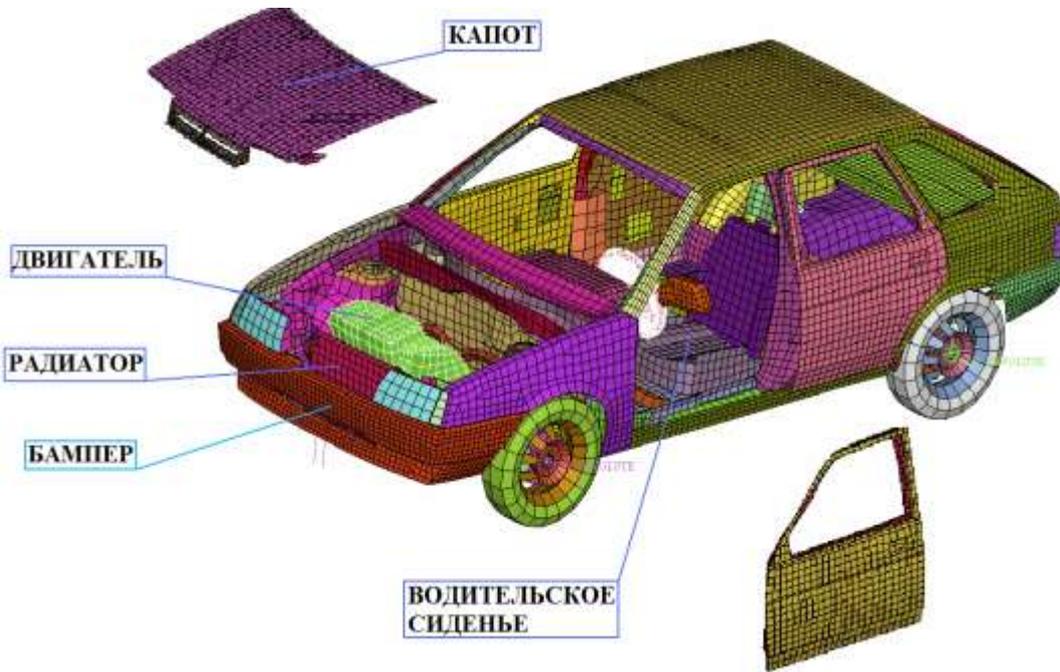
- Фотография автомобиля ВАЗ 21093



- КЭ модель автомобиля

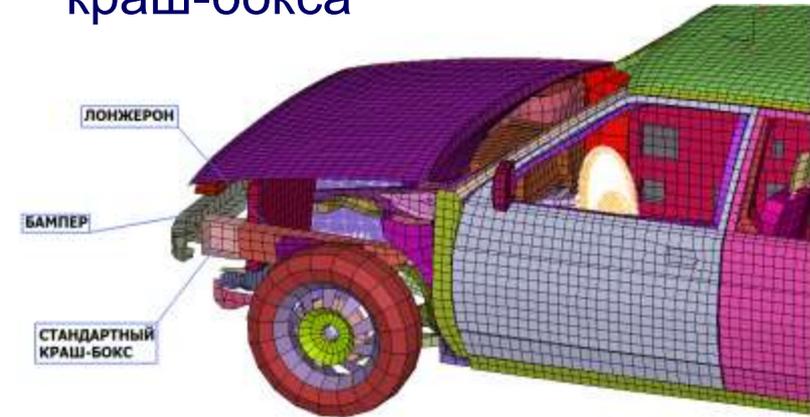


КЭ модель автомобиля

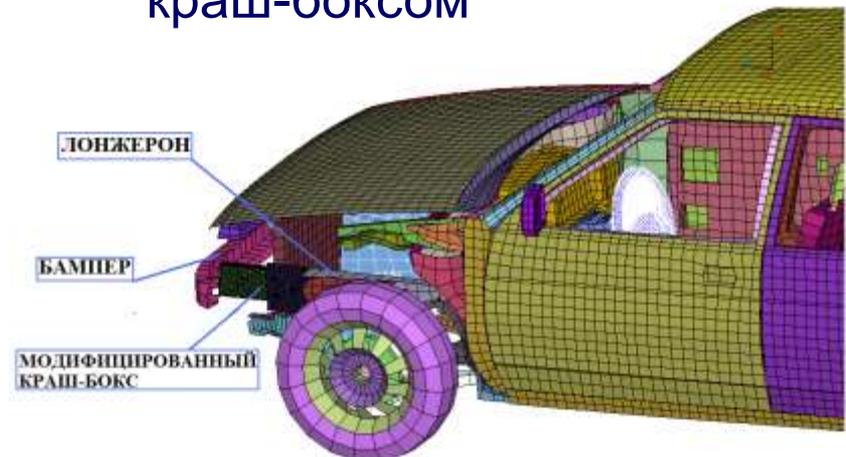


- Тип КЭ – S4RS и S3RS, C3D8R и C3D6, SFM3D4R
- Элементов 31392
- Узлов 37157
- Степеней свободы 206520

- Модель автомобиля без краш-бокса

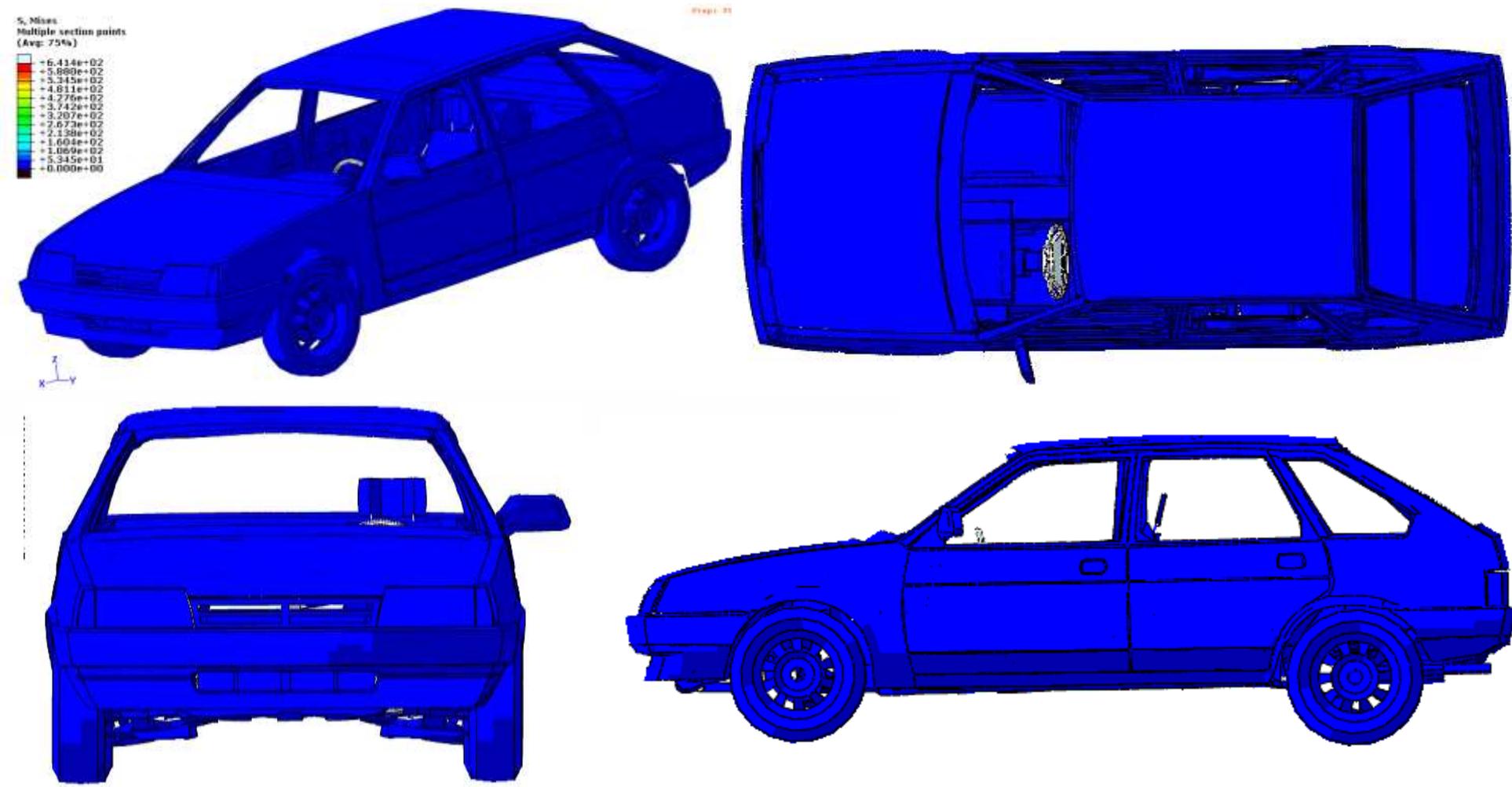


- Модель автомобиля с краш-боксом



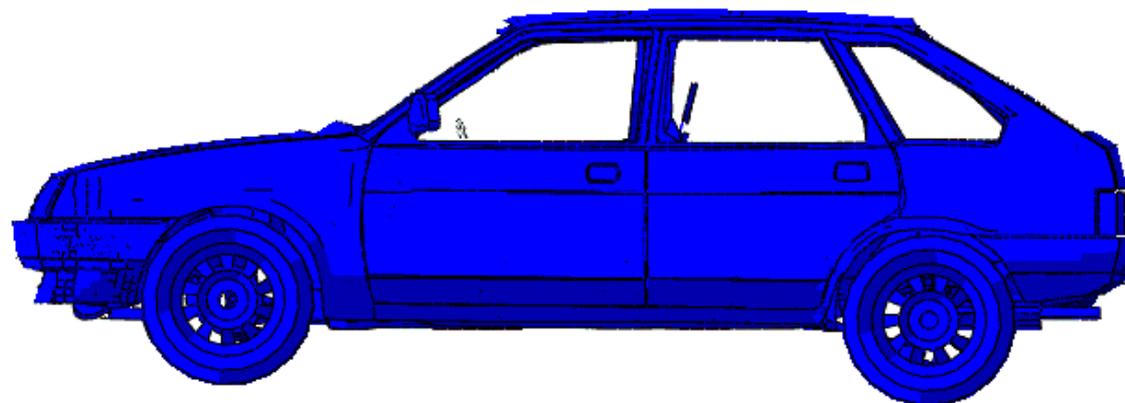
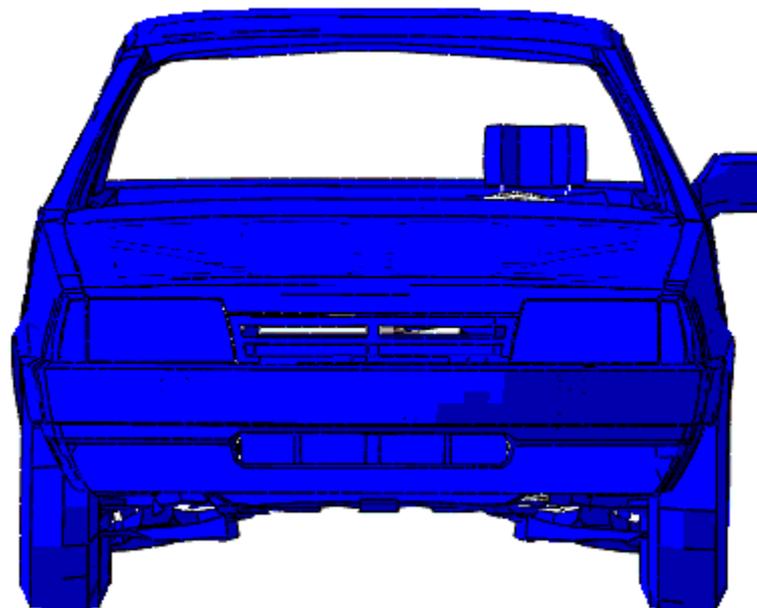
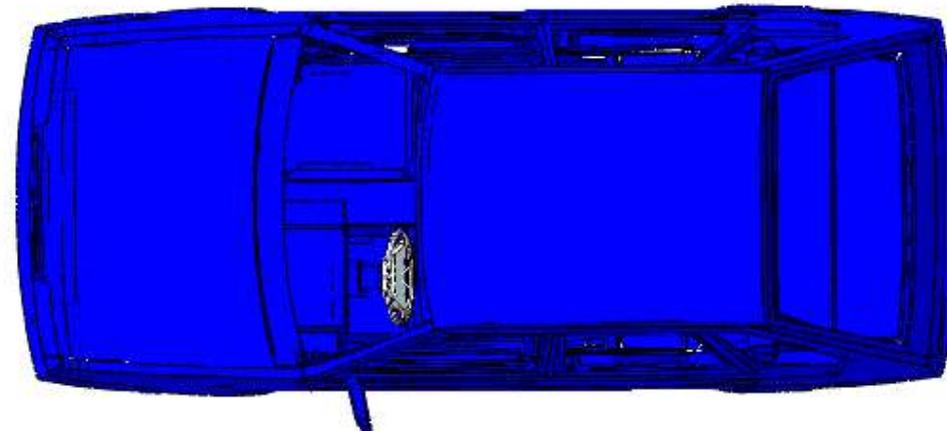
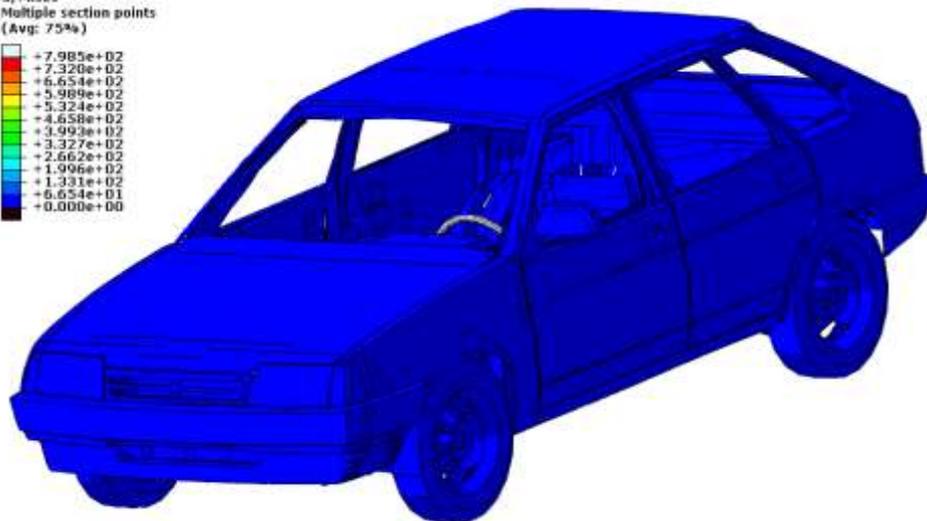
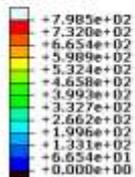
Результаты численного моделирования краш-теста USNCAP

- Модель автомобиля без краш-бокса

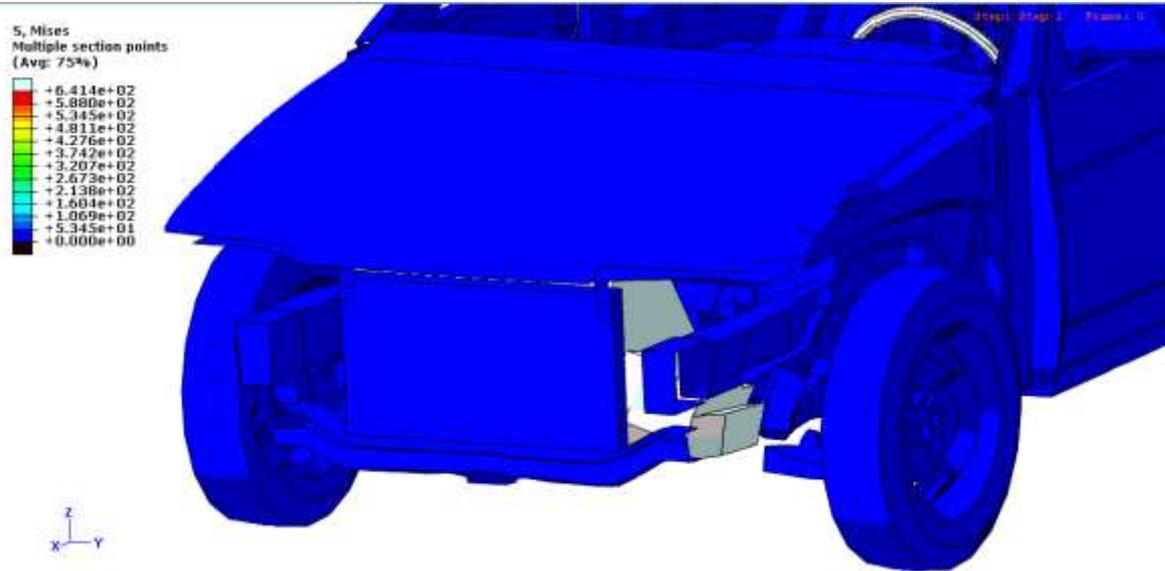


• Модель автомобиля с краш-боксом

S, Mises
Multiple section points
(Avg: 75%)



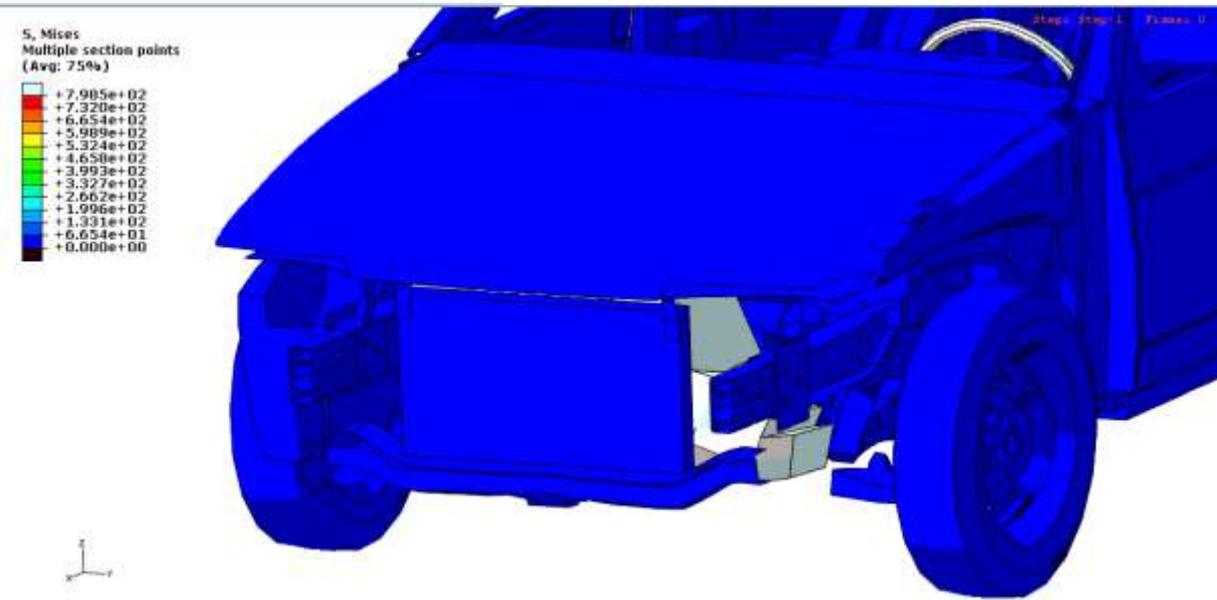
Деформации краш-бокса



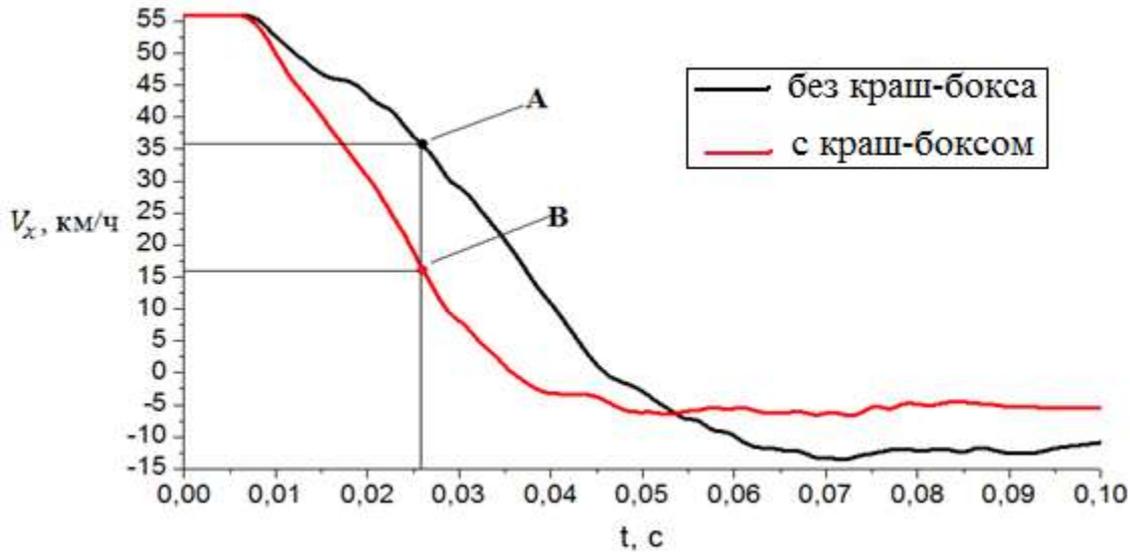
С краш-боксом



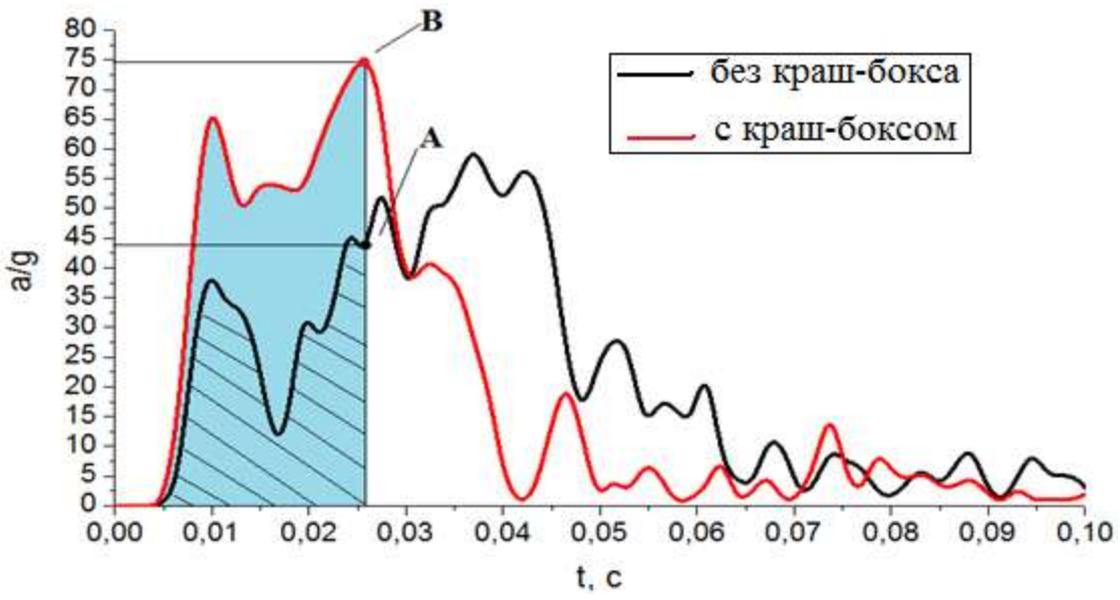
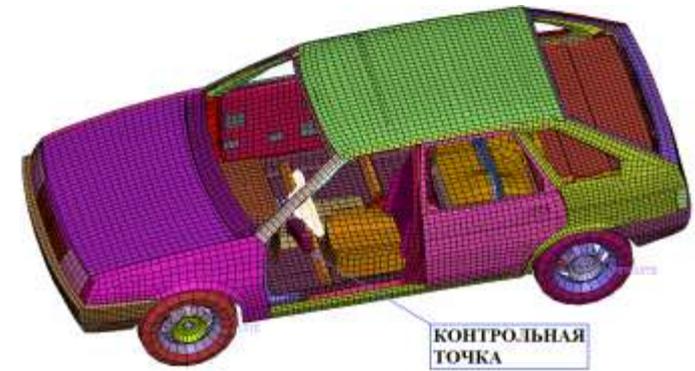
Без краш-бокса



Результаты численного решения



- Расположение контрольной точки



- $t_* = 26 \text{ мс}$
- $V_*^A = 36 \text{ км/ч}$
- $V_*^B = 16.8 \text{ км/ч}$

Выводы

- Для балки с выбранными параметрами потери устойчивости по Эйлеру наблюдаться не будет. Будет локальная потеря устойчивости.
- Была проведена многовариантная оптимизация конструкции краш-бокса. Модель, изнутри усиленная тремя продольными и крестообразной вставками, является оптимальной с точки зрения поглощения максимального количества энергии.
- Было проведено КЭ моделирование фронтального краш-теста USNCAP автомобиля. При использовании модифицированного краш-бокса удалось снизить скорость, на которой начинаются деформации салона автомобиля, с 36 км/ч до 16.8 км/ч.
- В дальнейшем планируется исследование других элементов конструкции автомобиля, влияющих на безопасность водителя и пассажиров при фронтальном краш-тесте.



Спасибо за внимание!