



Конечно-элементное моделирование и исследование активной системы безопасности автомобиля

Выполнила	студентка гр.4055/1 Хакало К.А.
Руководители	проф. Боровков А.И. асс. Клявин О.И.



Содержание

Введение

Глава 1 Метод конечных элементов

Глава 2 Разработка КЭ модели активной системы безопасности капота

2.1 Постановка задачи

2.2 **Разработка модели активной системы безопасности капота**

2.3 Модельные задачи

Глава 3 Задача подъема капота при помощи активной системы безопасности

3.1 Разработка КЭ модели капота

3.2 Конечно-элементное решение задачи подъема капота при помощи активной системы безопасности

Глава 4 **Динамическое взаимодействие импактора и фронтальной части автомобиля**

4.1 Постановка задачи

4.2 **Разработка КЭ модели импактора**

4.3 **Конечно-элементное решение задачи контактного взаимодействия**

импактора с боковым ребром

жесткости капота с системой активной безопасности

4.4 **Конечно-элементное решение задачи контактного взаимодействия**

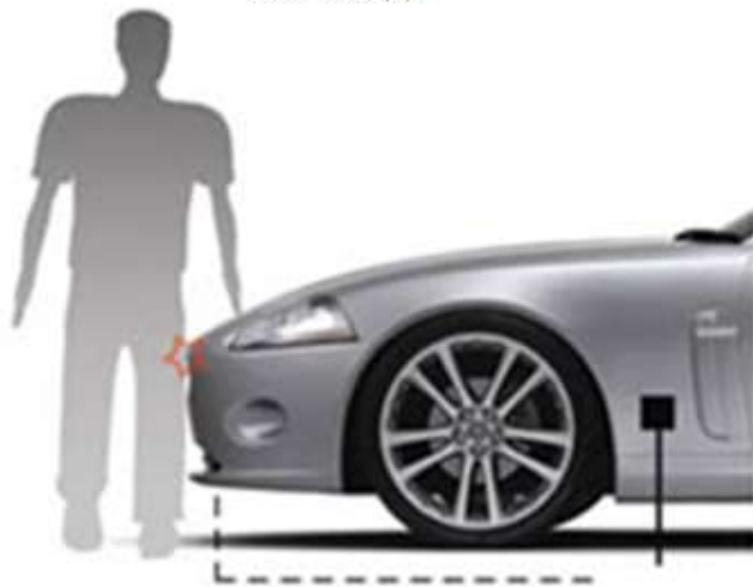
импактора с центральной зоной капота с активной системой безопасности

Заключение

Активная система безопасности

1

Датчики на бампере фиксируют наезд на пешехода



2

Электронная система посылает сигнал открыть капот

3

Энергия удара переходит в энергию деформации капота



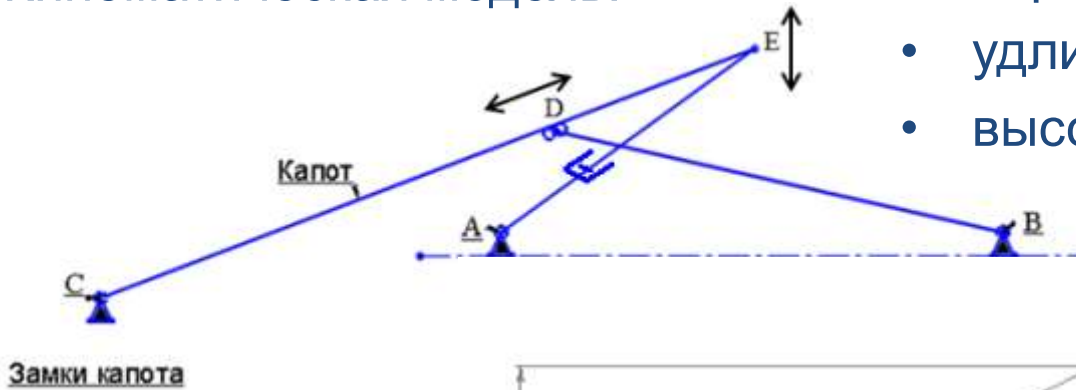
4

Вероятность получения серьезных травм уменьшается

Цель работы: разработка и оптимизация устройства, которое будет поднимать капот на 150 мм за 30 мс

Кинематическая модель:

- перемещение точки D ≤ 35 мм
- удлинение стержня AE ≤ 25 мм
- высота подъема капота = 150 мм



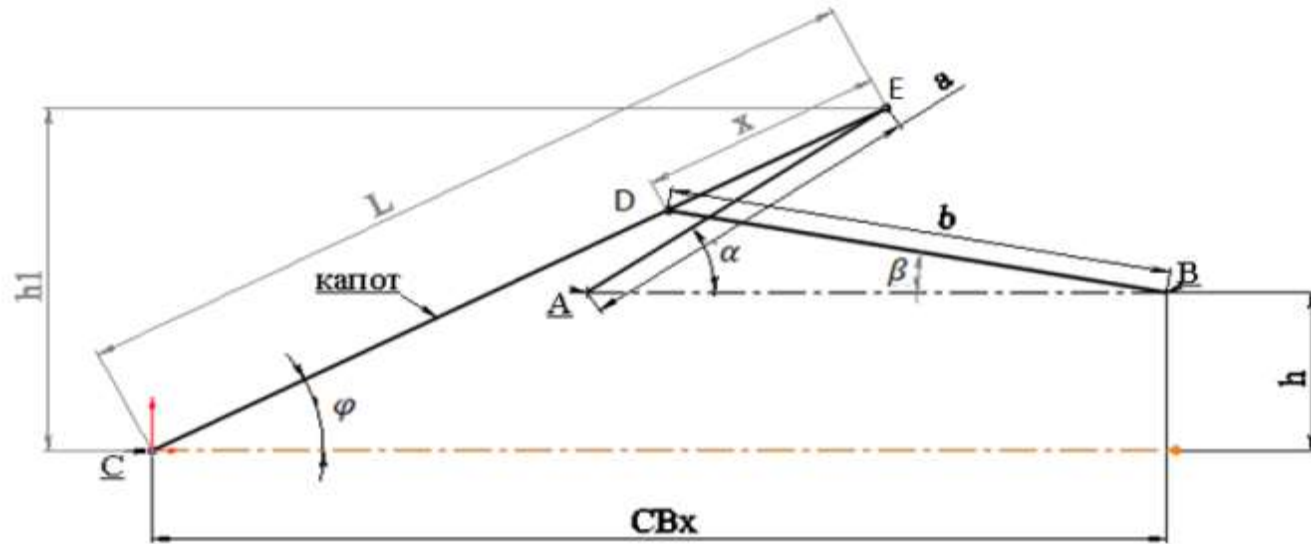
Уравнения связи:

$$\sin(\alpha) = \frac{h1 - h}{a};$$

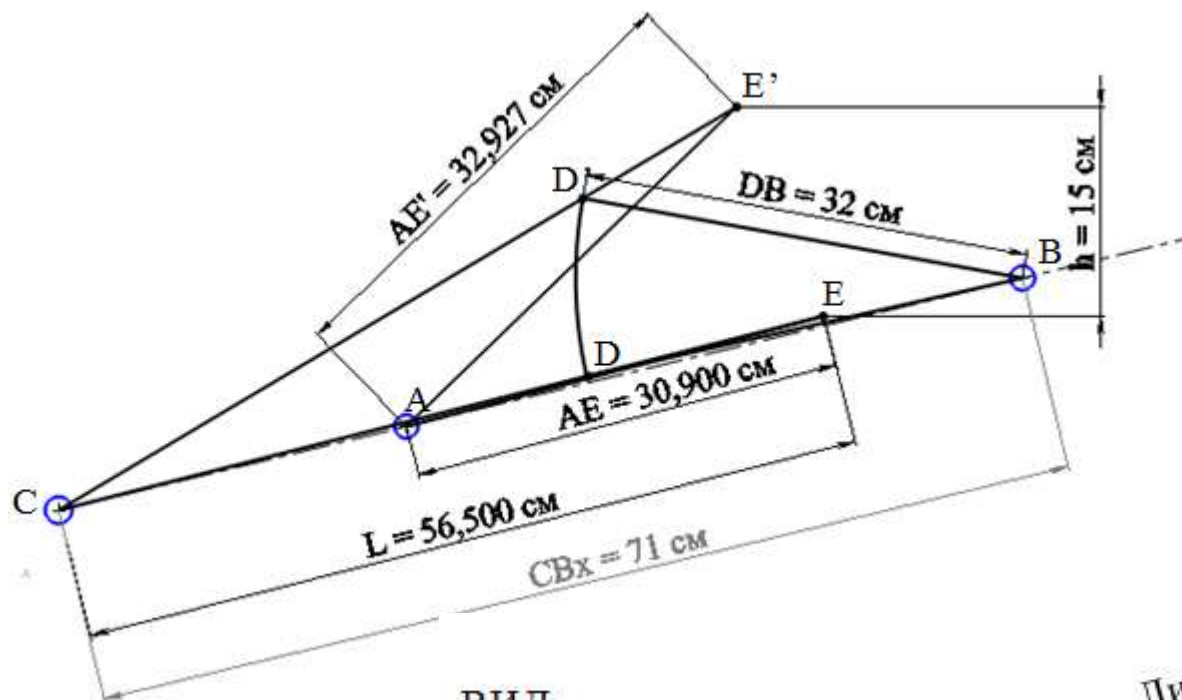
$$L = \frac{h1}{\sin(\varphi)};$$

$$\sin(\beta + \varphi) = \frac{CBx \cdot \sin(\varphi) - h \cdot \cos(\varphi)}{b};$$

$$x = \frac{a \cdot \sin(\alpha) - b \cdot \sin(\beta)}{\sin(\varphi)}; \quad \tan(\varphi) = \frac{h1}{CBx - AB + a \cdot \cos(\alpha)};$$



Разработанная модель



- перемещение точки D = 34.7 мм
- удлинение стержня AE = 20.3 мм
- высота подъема капота = 150 мм

ВИД

СЛЕВА

Часть, которая непосредственно крепится к крышке капота

Линия капота

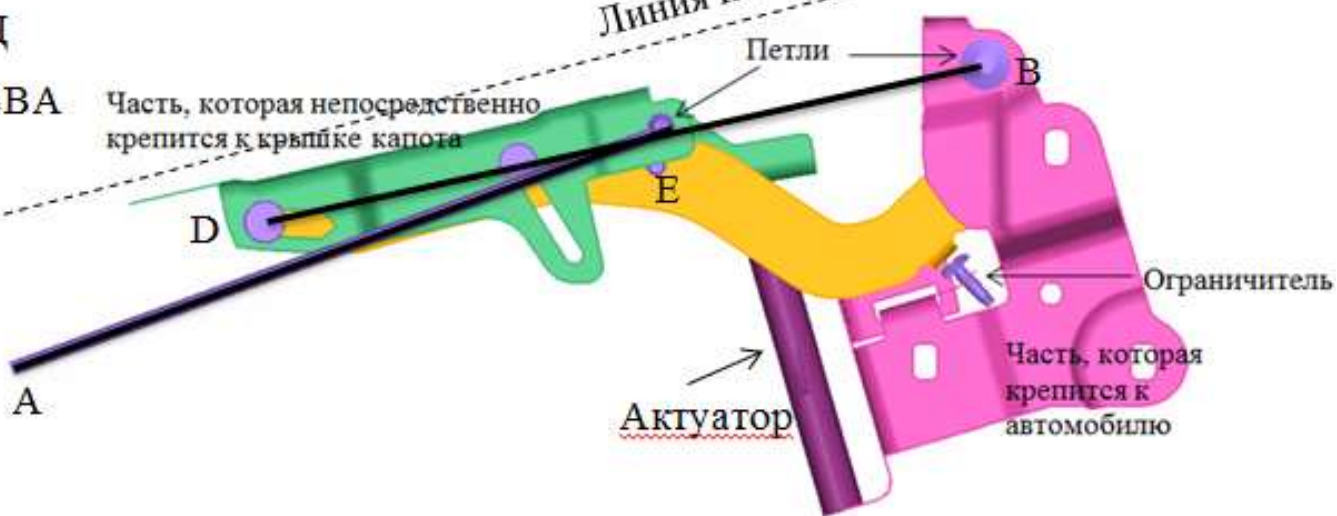
Петли

Ограничитель

Часть, которая крепится к автомобилю

Актуатор

Трехмерная геометрическая модель:





Сталь. Модель материала

Материал –
изотропный,
однородный,
упруго-пластический

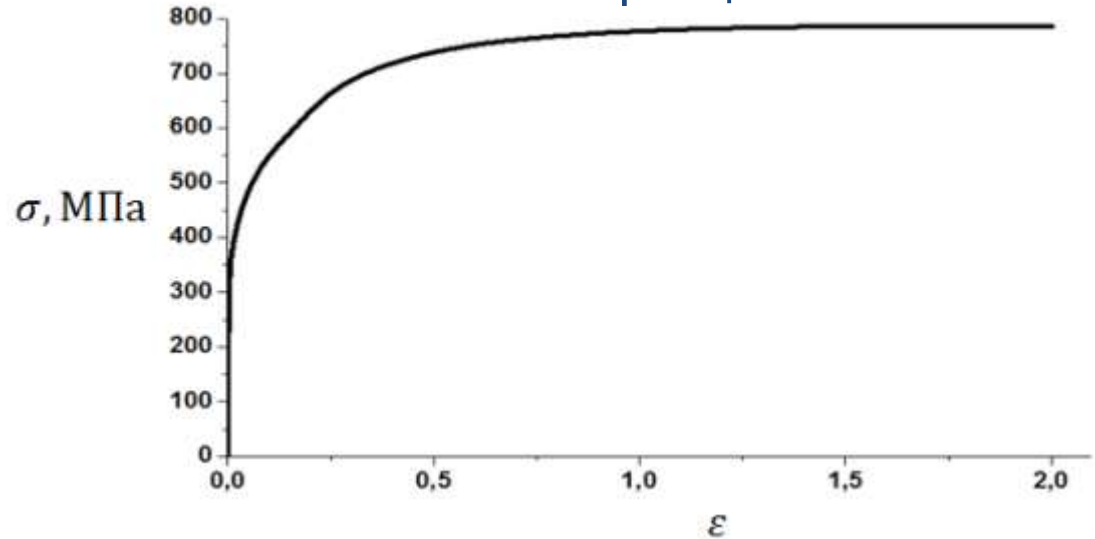
Упругие свойства
материала:

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

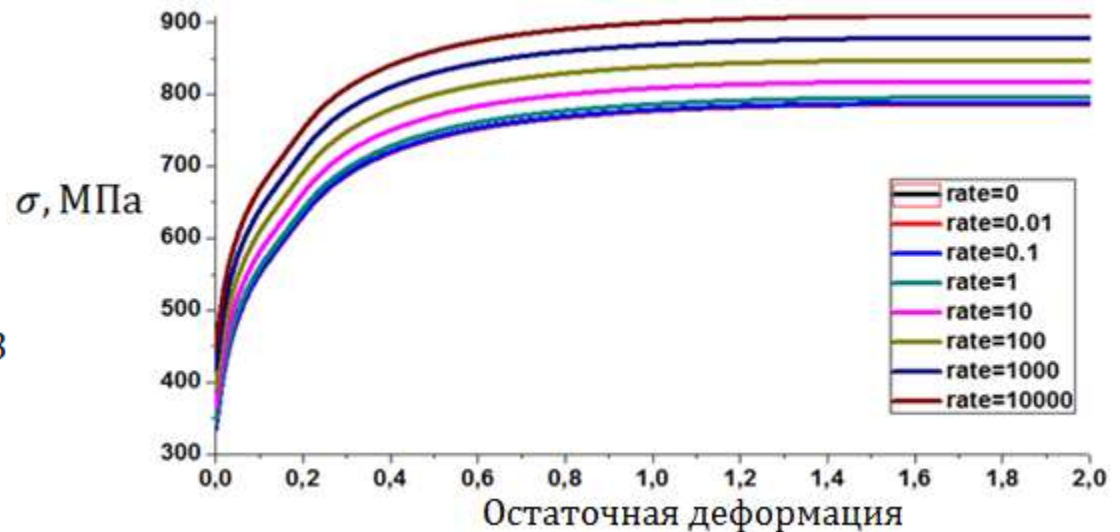
$$\text{модуль Юнга } E = 210 \text{ ГПа}$$

$$\text{коэффициент Пуассона } \nu = 0.3$$

Квази-статическое испытание
образца:



Динамическое испытание образца:





Численное решение модельной задачи для активной системы

Параметры КЭ модели

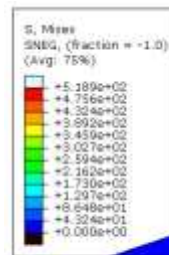
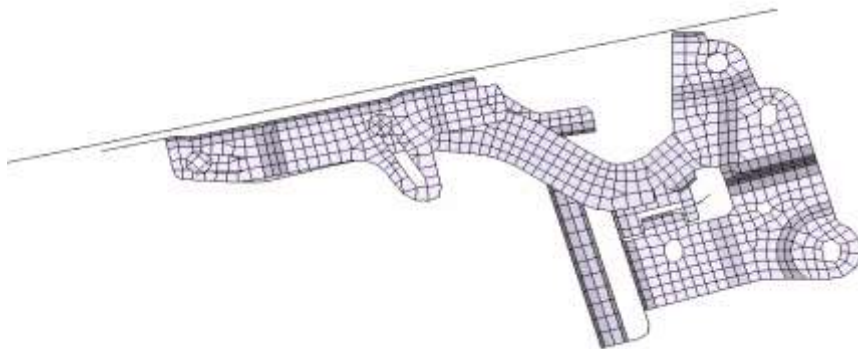
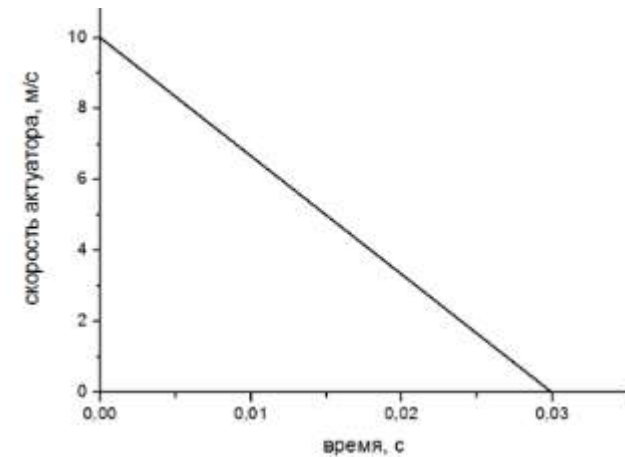
Элементов 1970

Узлов 2932

Степеней свободы 17592

Типы конечных элементов: трехузловой и четырехузловой оболочечные элементы с линейной интерполяцией перемещений

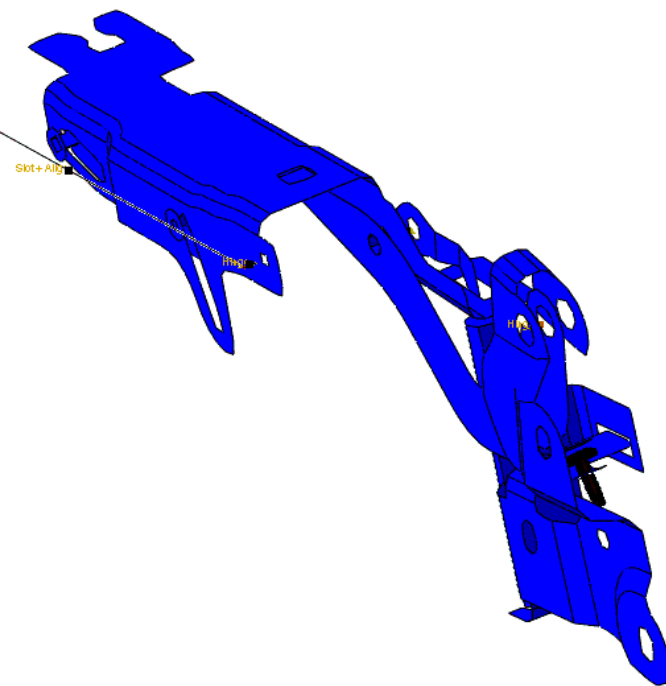
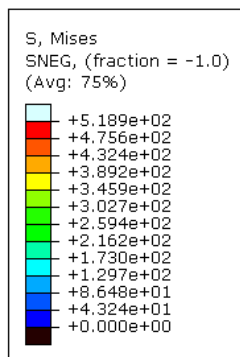
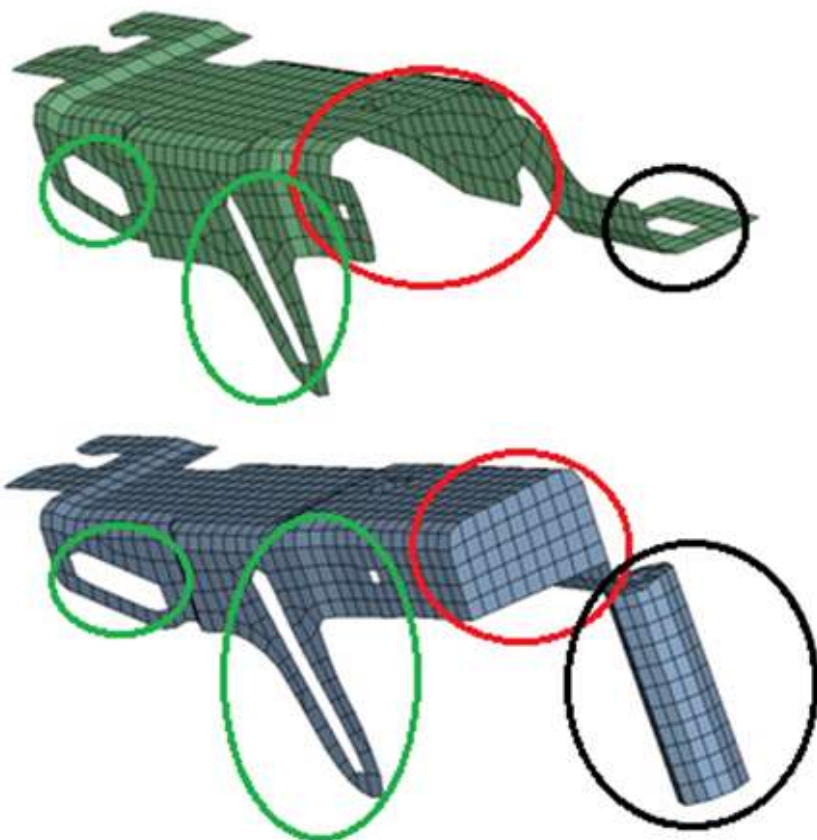
Скорость актуатора



Step: Min: Frame: 1
Total Time: 0.030000

Модификация системы

- Добавить направляющие для актуатора;
- **Добавить дополнительные ребра жесткости**
- Увеличить ограничители хода





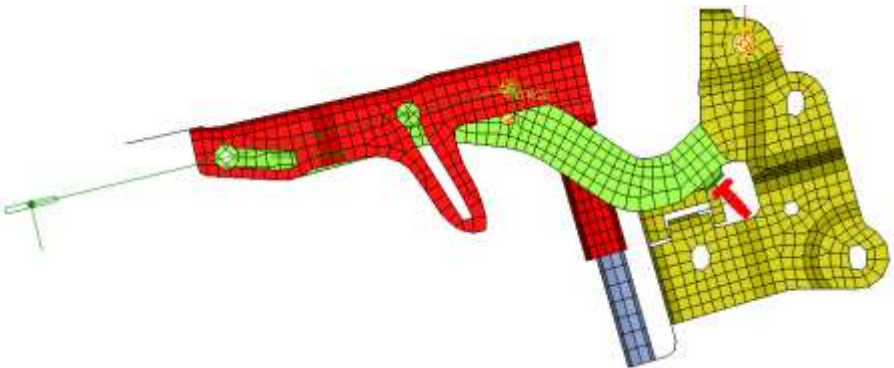
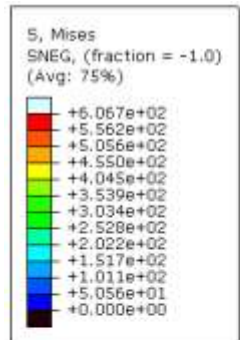
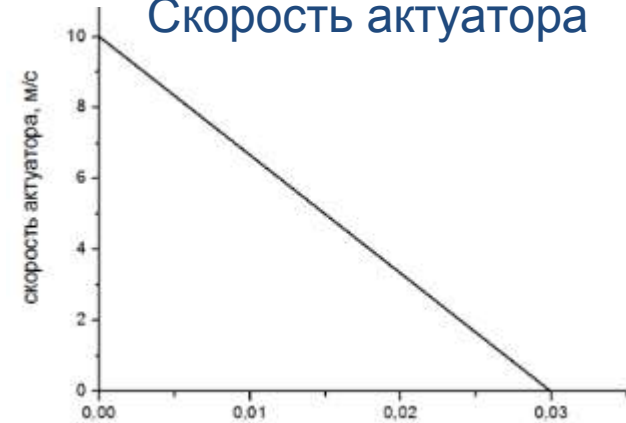
Численное решение задачи для модифицированной активной системы

Параметры КЭ модели

Элементов 2064
Узлов 3044
Степеней свободы 18264

Типы конечных элементов: трехузловой и четырехузловой оболочечные элементы с линейной интерполяцией перемещений

Скорость актуатора



Конечно-элементная модель капота

Элементов 29143

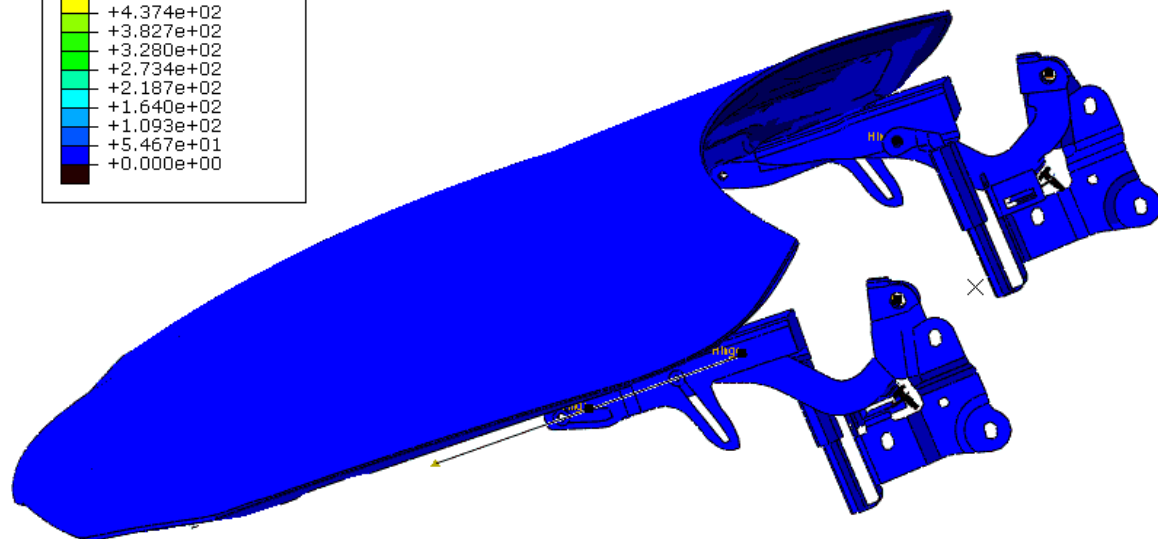
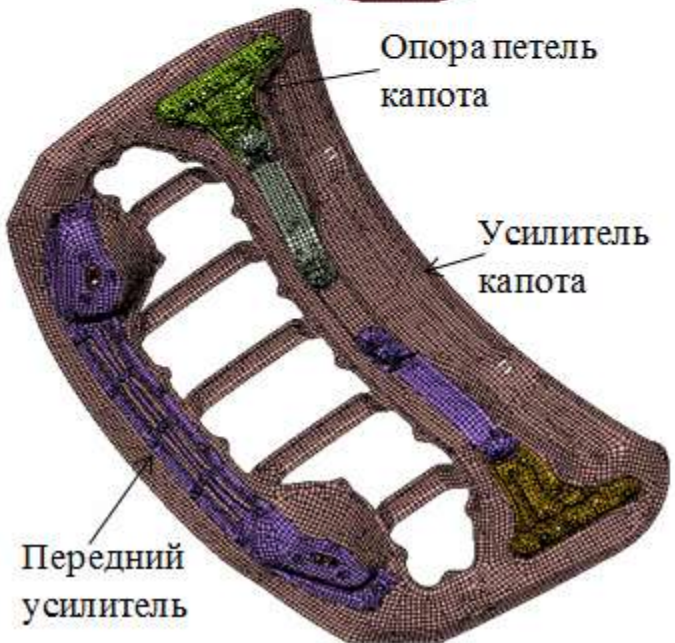
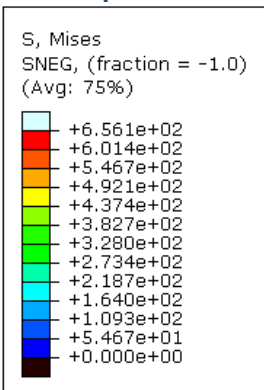
Узлов 29877

Степеней свободы 179262

Типы конечных элементов: трехузловой и четырехузловой оболочечные элементы с линейной интерполяцией перемещений



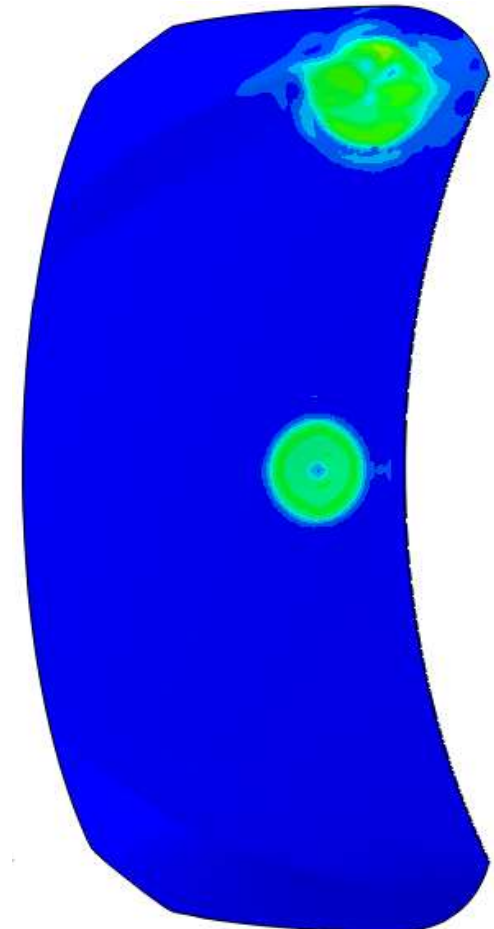
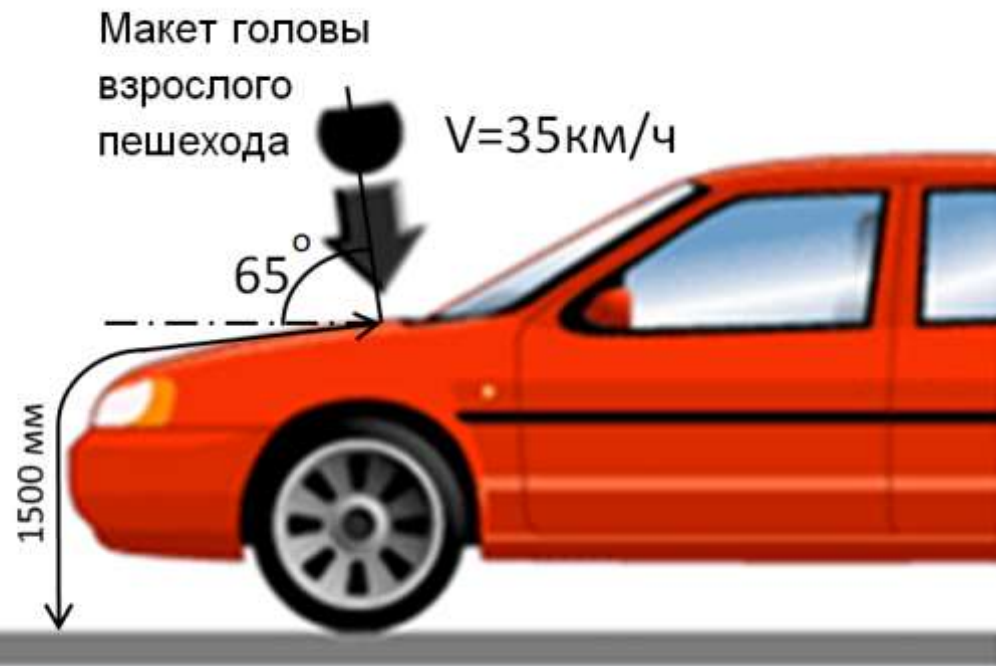
Капот



Динамическое взаимодействие импактора и фронтальной части автомобиля

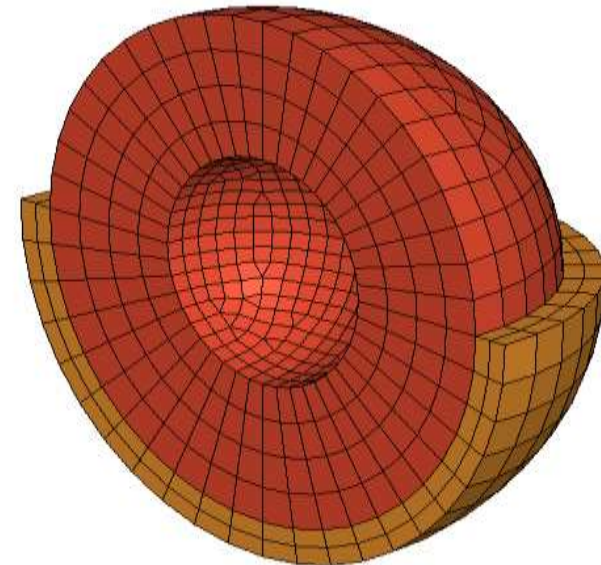


Euro NCAP — европейский комитет по проведению независимых краш-тестов авто для оценки активной и пассивной безопасности.



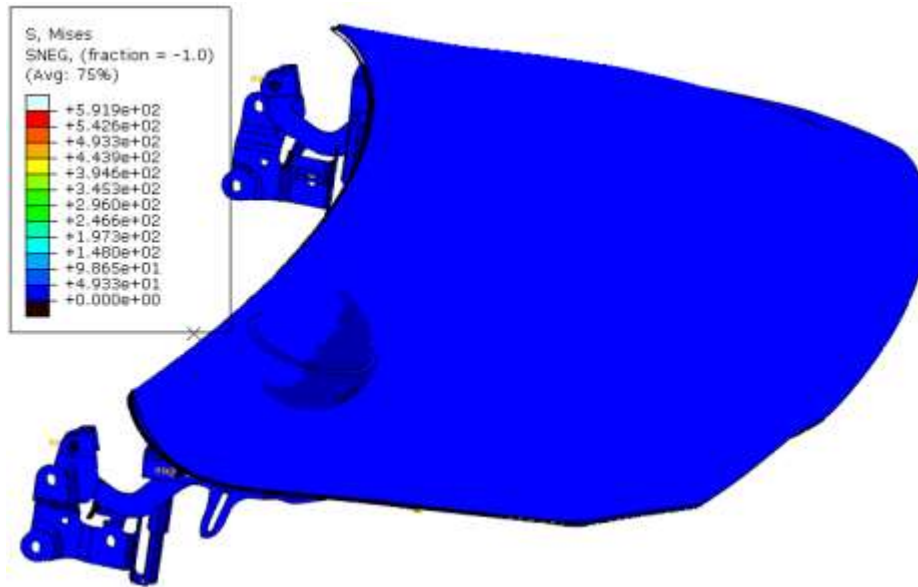
Конечно-элементная модель импактора

Элементов	3384
Узлов	4305
Степеней свободы	12915
Тип конечного элемента: восьмиузловой и шестиузловой 3D-элемент с линейной интерполяцией перемещений	
Масса импактора –	4.622 кг

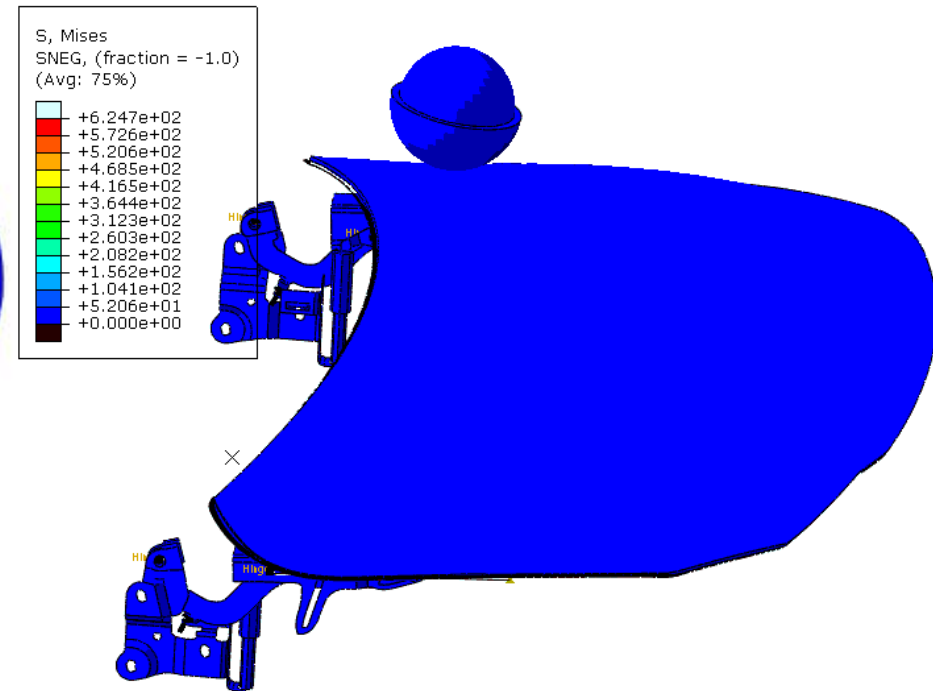


Контактное взаимодействие импактора с боковым ребром жесткости капота

без активной системы безопасности



с активной системой безопасности





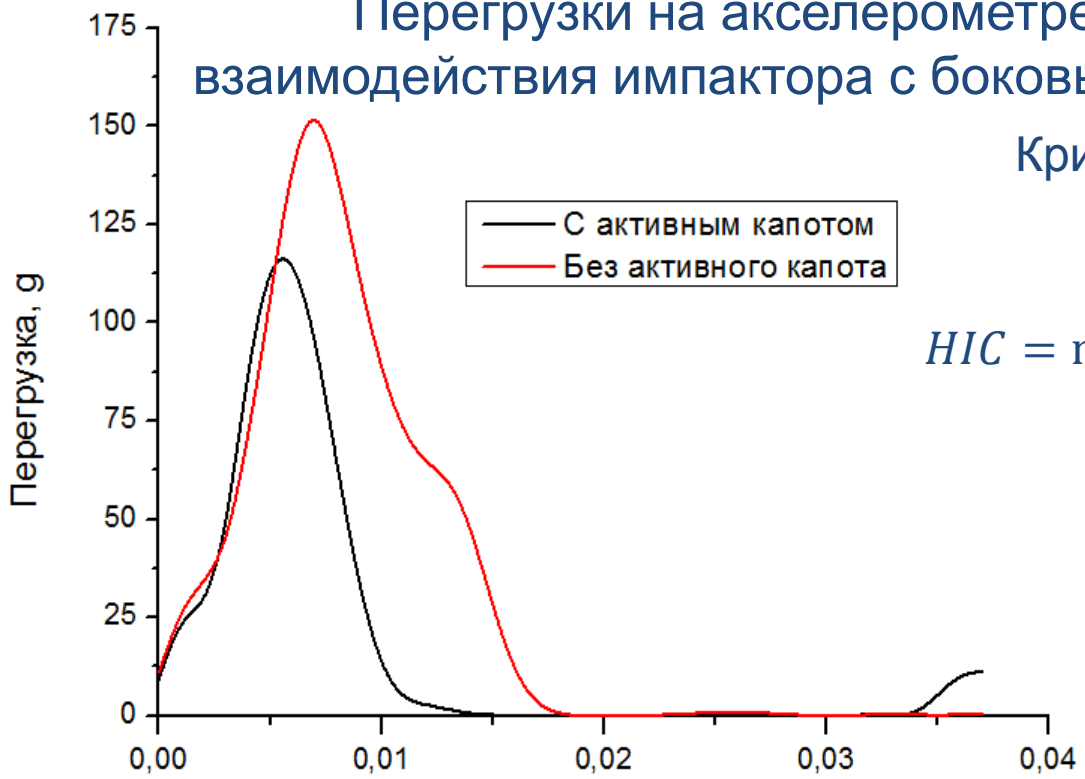
Перегрузки на акселерометре в задаче контактного взаимодействия импактора с боковым ребром жесткости капота

Критерий травмирования головы:

$$HIC = \max \left\{ (t_2 - t_1) \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right)^{2.5} \right\}$$

$$a(t) = \frac{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}{g},$$

g – ускорение свободного падения



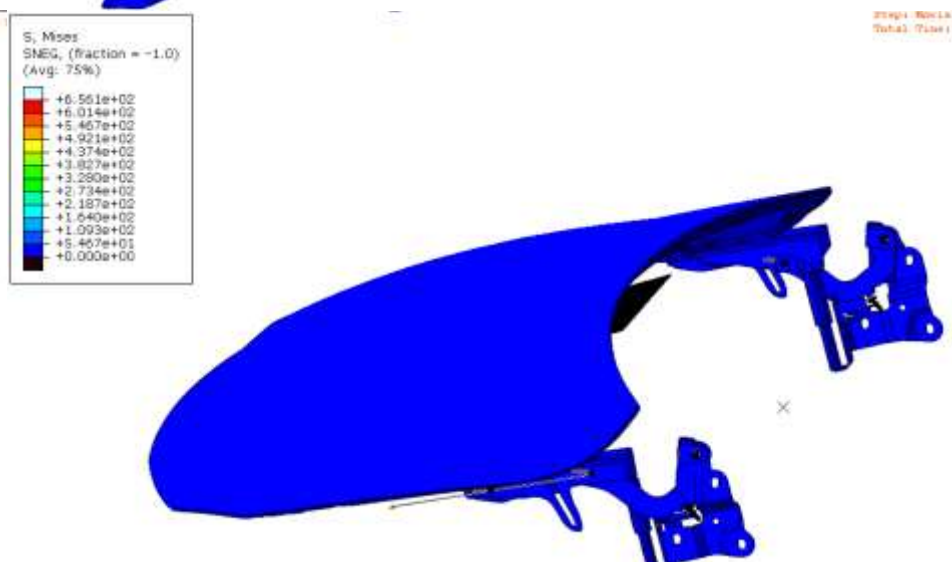
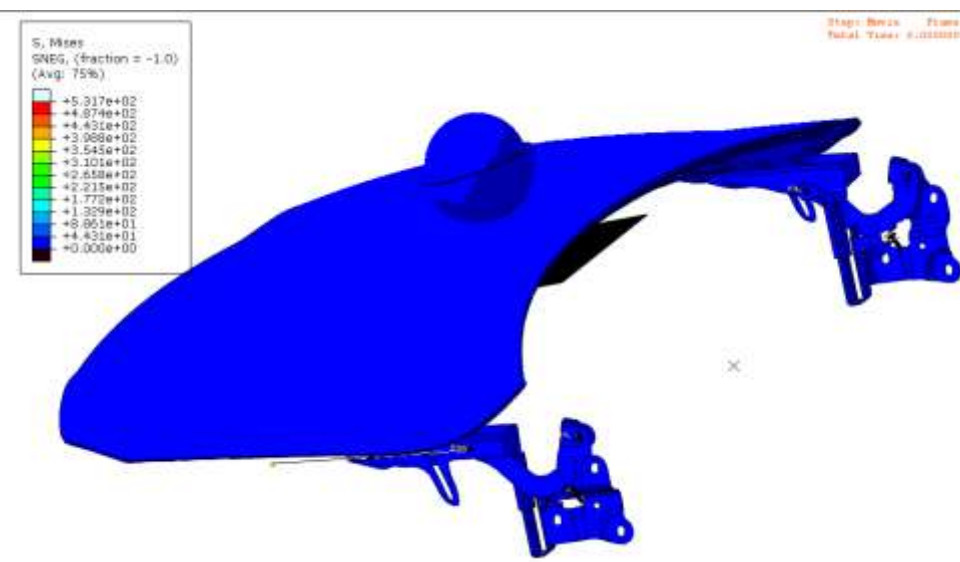
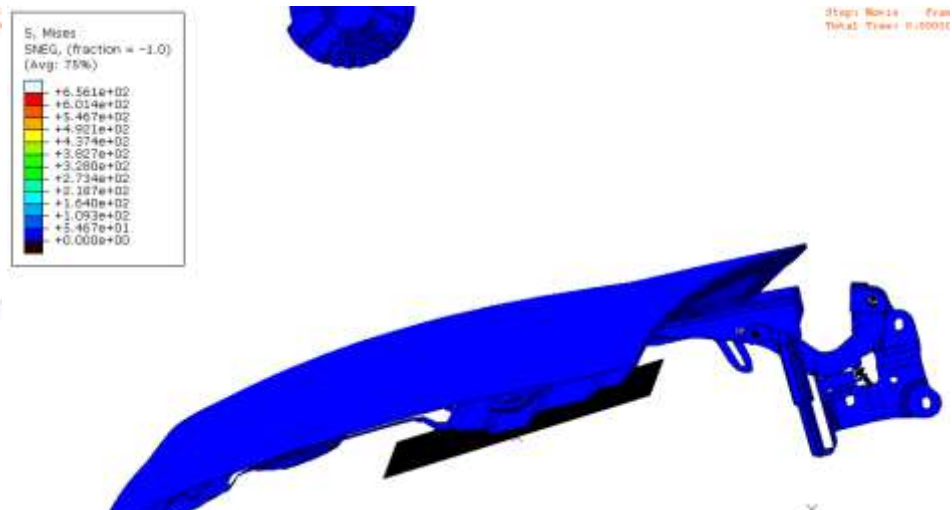
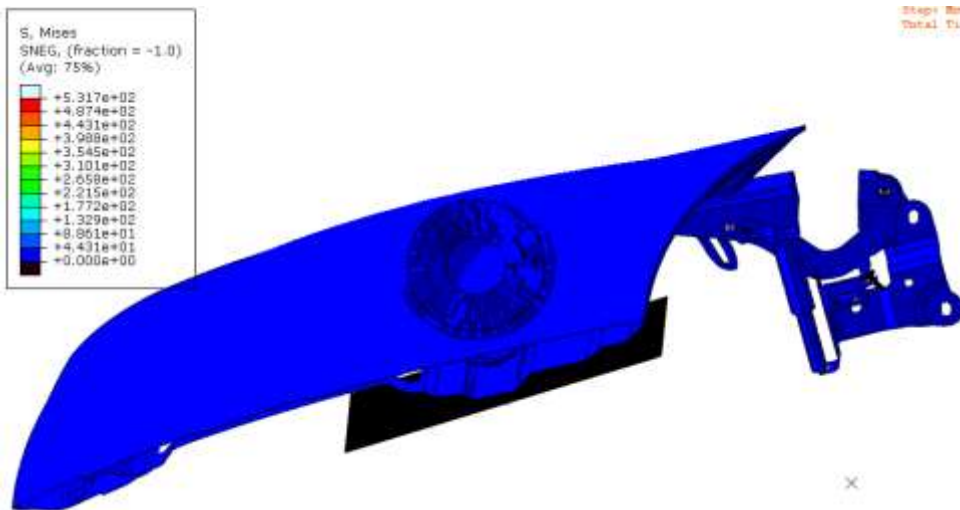
время, с	С активным капотом	Без активного капота
НІС	427.4	999.6
Легкая травма	80 %	98 %
Средняя травма	40 %	90 %
Тяжелая травма	2 %	8 %
Смерть	0 %	2 %



Контактное взаимодействие импактора с центральной зоной капота

без активной системы безопасности

с активной системой безопасности





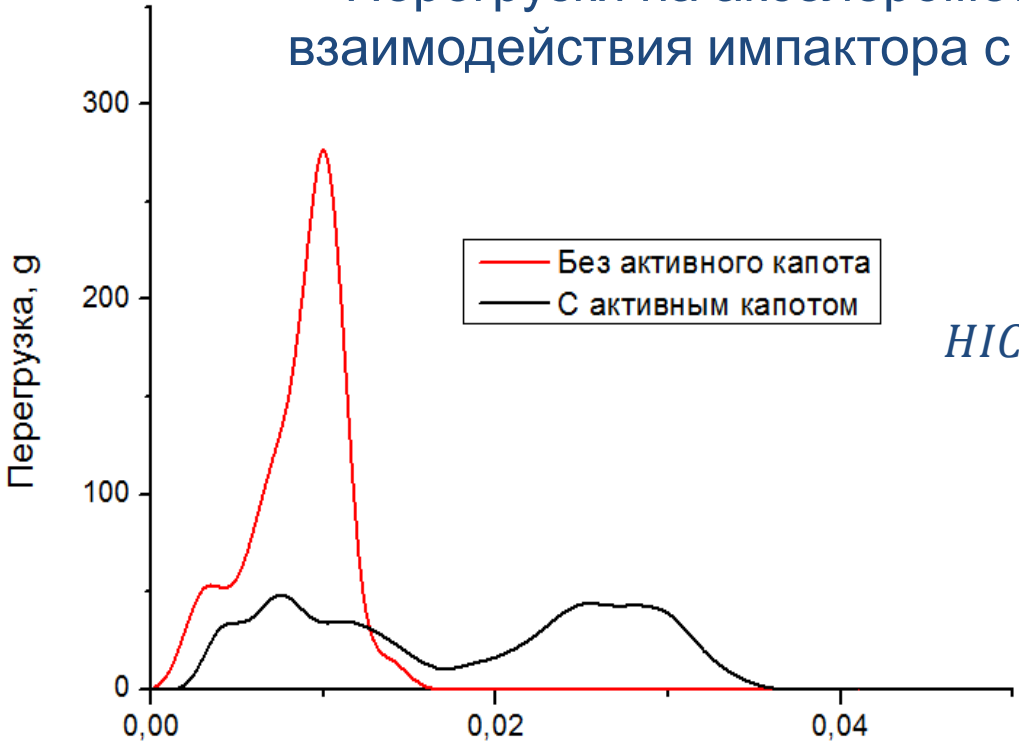
Перегрузки на акселерометре в задаче контактного взаимодействия импактора с центральной зоной капота

Критерий травмирования головы:

$$HIC = \max \left\{ (t_2 - t_1) \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right)^{2.5} \right\}$$

$$a(t) = \frac{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}{g},$$

g – ускорение свободного падения



время, с	С активным капотом	Без активного капота
НІС	150.8	2592.9
Легкая травма	30 %	100 %
Средняя травма	15 %	100 %
Тяжелая травма	0 %	95 %
Смерть	0 %	90 %



Выводы

- Было разработано устройство, которое способно поднимать капот на 150 мм за 30 мс
- Было произведено численное моделирование теста EuroNCAP по оценке вероятности травмы головы взрослого пешехода при ударе о капот автомобиля для двух точек удара импактора.
- По результатам этих тестов был сделан вывод о безусловной эффективности устройства с точки зрения обеспечения безопасности пешеходов
- В перспективе планируется решить эти же задачи с более подробной моделью деталей, которые могут вступить в контакт с импактором при ударном взаимодействии.



Спасибо за внимание!