



## Выпускная работа бакалавра техники и технологии

# Конечно-элементное моделирование краш-теста Легкового автомобиля на фронтальный удар с малым перекрытием

Направление: 151600 – Прикладная механика

Выполнил студент гр. 43602/2 М.С. Ващук  
Руководитель, к.т.н., проф. А.И. Боровков  
Соруководитель, О.И. Клявин

Санкт-Петербург  
2014



## **Содержание**

**Статистика дорожно-транспортных происшествий**

**Фронтальный удар с малым перекрытием**

**Итоги теста на фронтальный удар с малым перекрытием**

**Модельная задача SHBT**

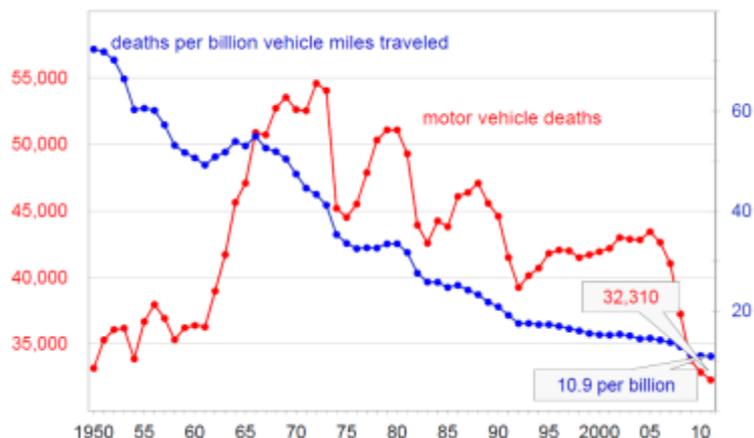
**Конечно-элементная модель фронтальной части автомобиля**

**Улучшение конструкции автомобиля**

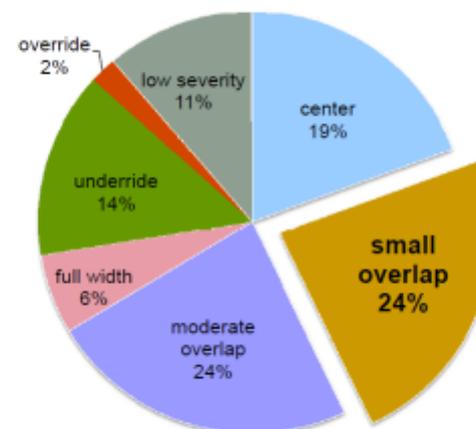
**Заключение**

## Статистика дорожно-транспортных происшествий

ДТП с летальным исходом с 1950 по 2010 года.



Доля фронтального удара с малым перекрытием среди различных видов фронтальных ударов.



Удар пришелся мимо лонжерона

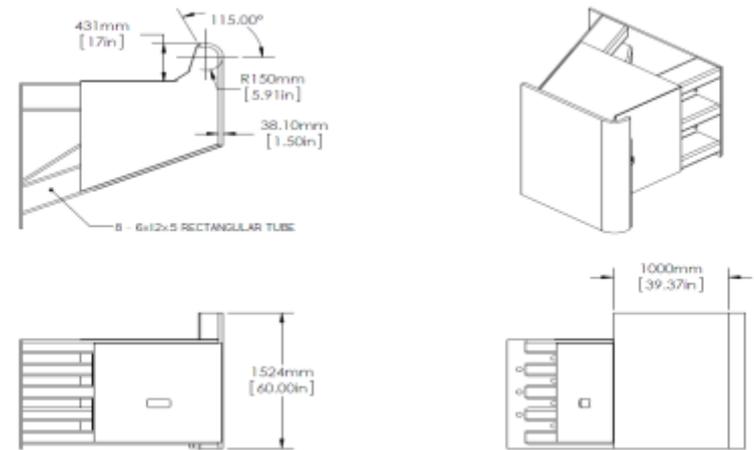
Последствия испытания на фронтальный удар с малым перекрытием.

## Фронтальный удар с малым перекрытием

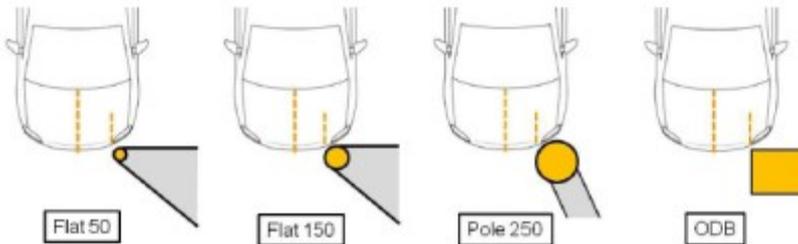
Стандартный барьер



Чертеж используемого барьера

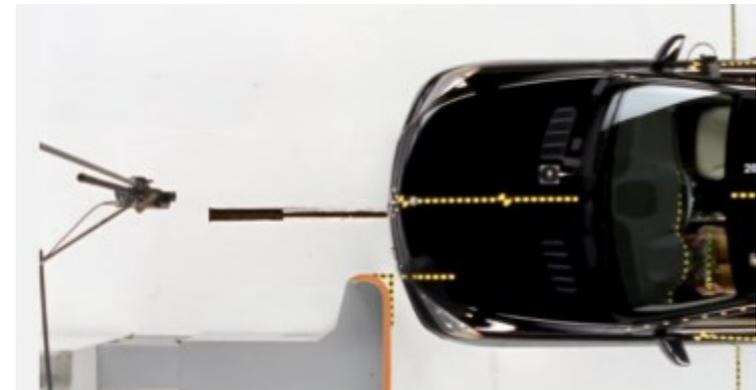


Используемые типы барьеров



**Mercedes ML350 перед  
прохождением теста**

В результате теста получил оценку GOOD



## Итоги теста на фронтальный удар с малым перекрытием

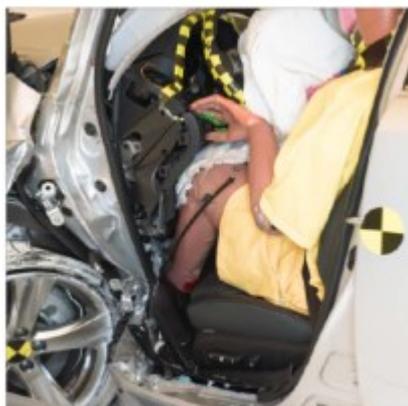
### Последствия теста



Lexus IS  
**POOR**



Volvo S60  
**GOOD**

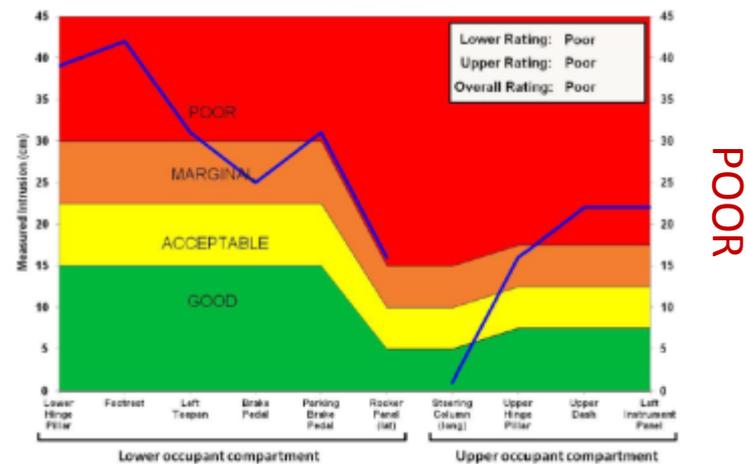
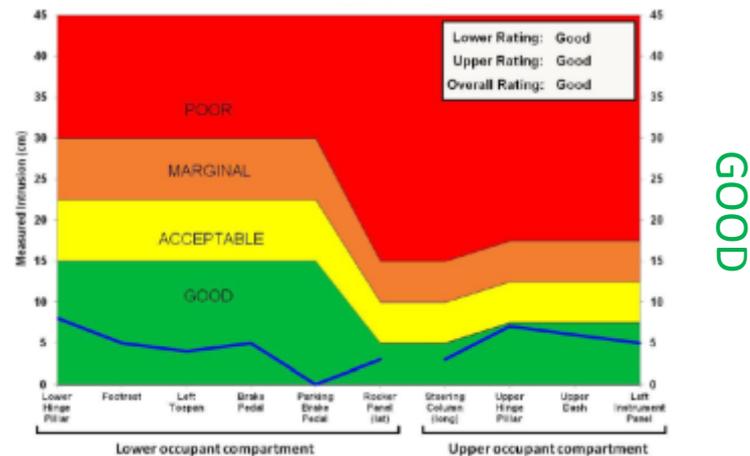


Lexus IS  
**POOR**



Volvo S60  
**GOOD**

### Оценки теста





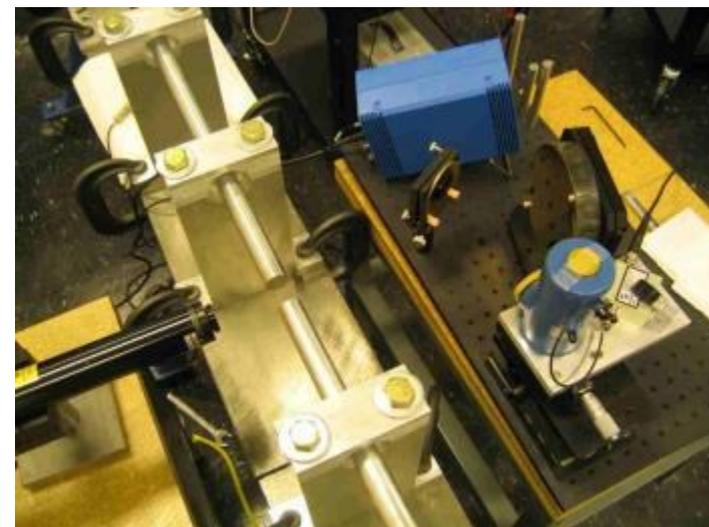
## Модельная задача

### Split Hopkinson Bar Test

Экспериментальная установка

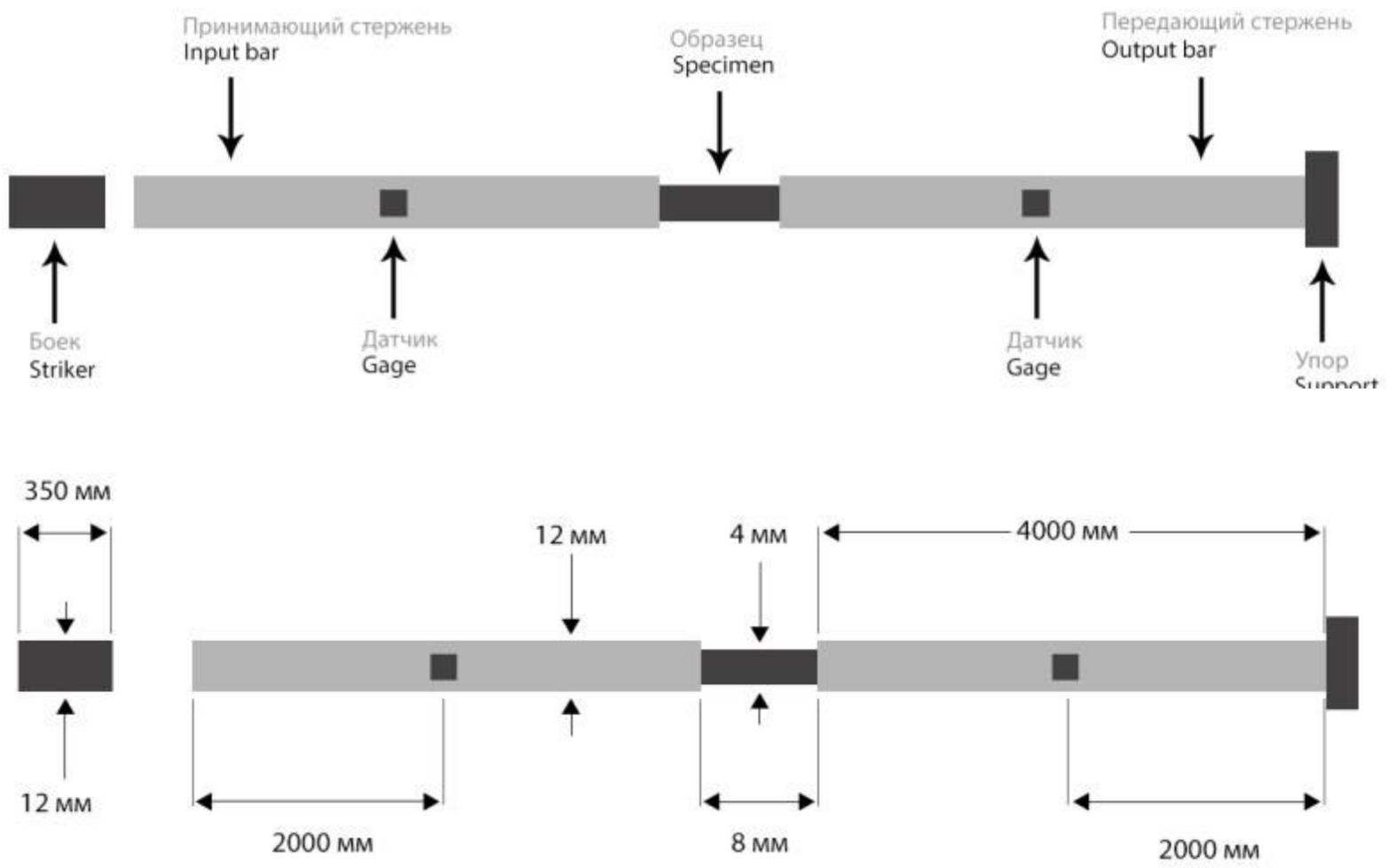


Место для образца



Split Hopkinson Bar Test (SHBT) – наиболее используемый метод для определения свойств материалов при высоких скоростях деформации.

## Модельная задача (Установка) Split Hopkinson Bar Test



## Модельная задача (Параметры)

### Split Hopkinson Bar Test

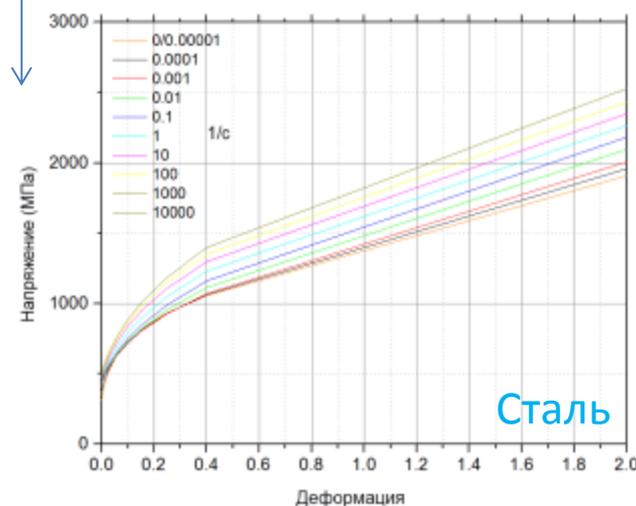
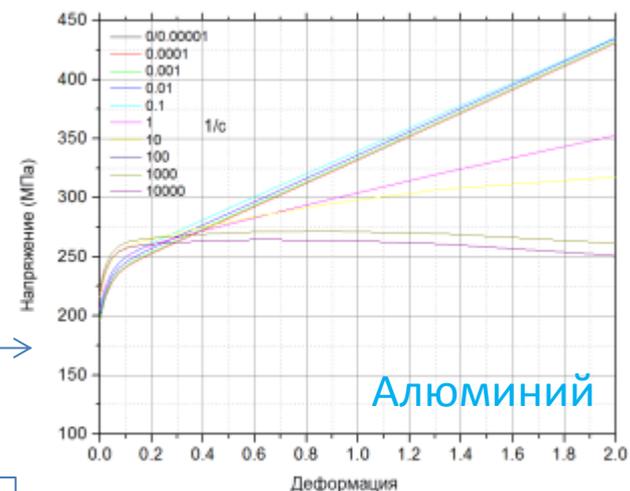
#### Параметры бойка

<b>Масса (г)</b>	<b>Скорость (мм/с)</b>
170	5800

#### Материалы

#### Параметры стержней и образца

	<b>Длина (мм)</b>	<b>Диаметр (мм)</b>	<b>Материал</b>	<b>Плотность (т/мм<sup>3</sup>)</b>	<b>Модуль Юнга (МПа)</b>
<b>Стержень</b>	4000	12	Сталь H400T_IDS	7.8E-9	210
<b>Образец</b>	8	4	Алюминий AL0017_IDS	2.7E-9	70



## Модельная задача (Обоснование) Split Hopkinson Bar Test

$$\sigma_s = \frac{ED_b^2}{D_s^2} \varepsilon_T(t)$$

Напряжение

$$\frac{d\varepsilon_s}{dt} = -\frac{2C_0}{L} \varepsilon_R(t)$$

Скорость деформации

$$\varepsilon_s(t) = -\frac{2C_0}{L} \int \varepsilon_R(t) dt$$

Деформация

Скорость распространения волны

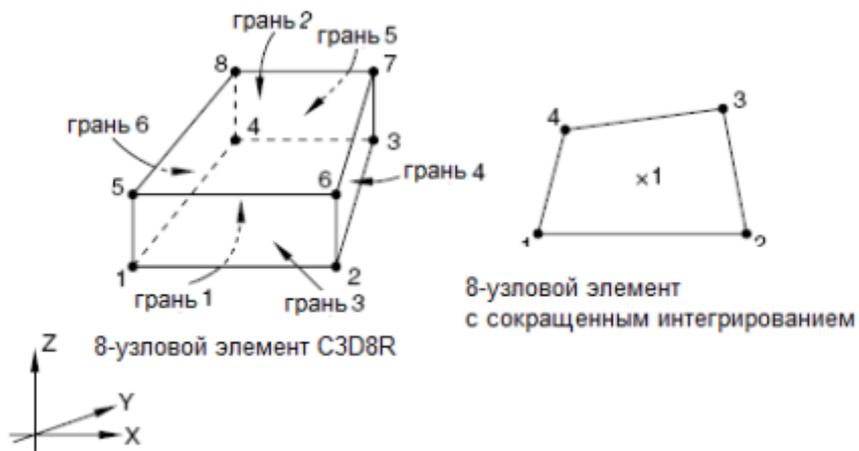
$$C_0 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$\varepsilon_T$  - деформация на передающем стержне  
от переданной волны

$\varepsilon_R$  - деформация на принимающем стержне  
от отраженной волны

## Модельная задача (КЭ Постановка) Split Hopkinson Bar Test

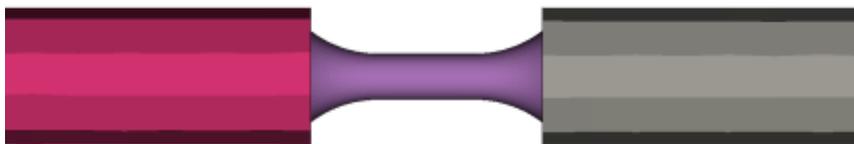
### Используемые элементы



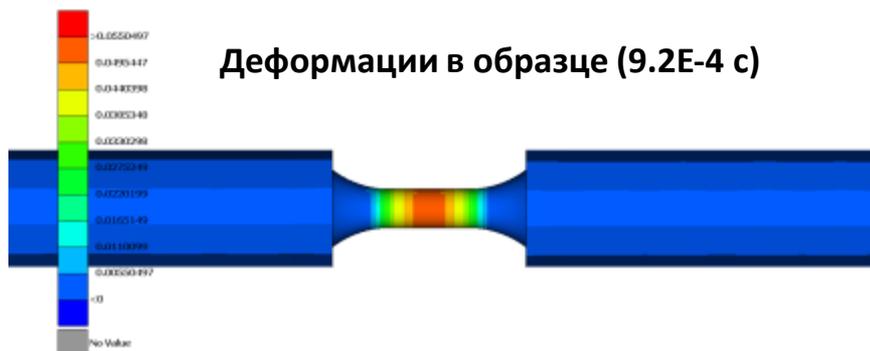
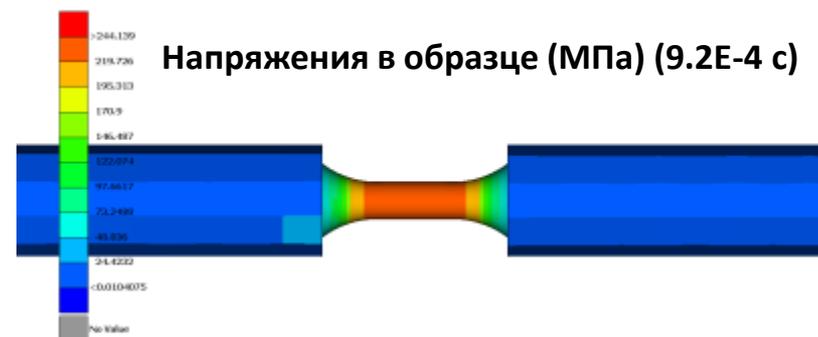
### Параметры модели

Объект	Элементы	Степени свободы (разр.)
Боек	257	2,5
Приним. стержень	11000	2,5
Перед. стержень	11000	2,5
Образец	9245	FREE
Упор	351	FIXED

### Образец в начальный момент времени



## Модельная задача (КЭ Решение) Split Hopkinson Bar Test

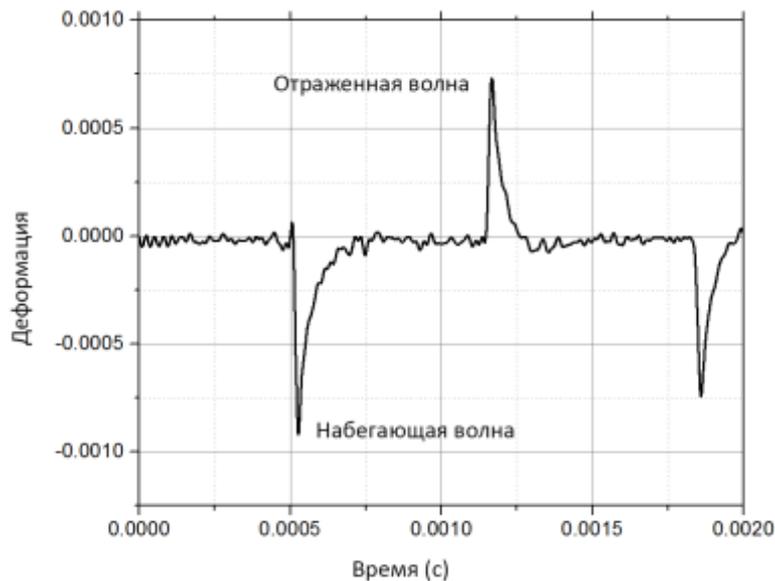


Время (с)	Шаг	Величины
0.002	$10E-6$	E, S, ER

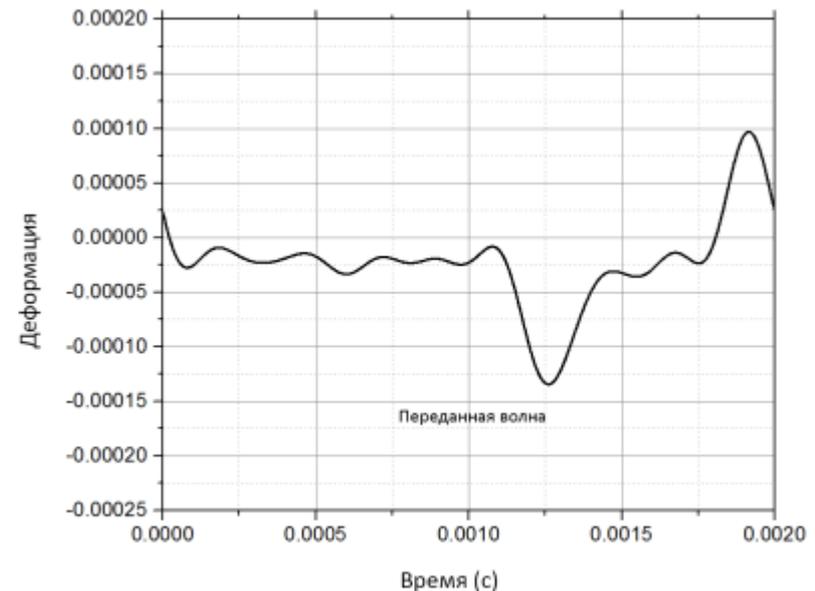
## Модельная задача (КЭ Решение) Split Hopkinson Bar Test

### Деформация в балке

Начальная и отраженная волны



Переданная волна



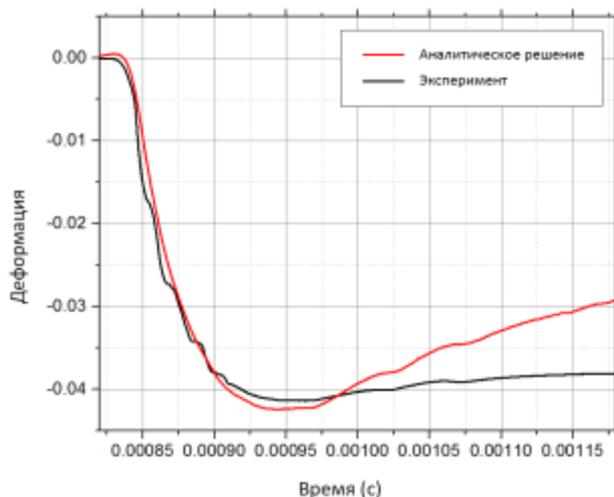
Воспользуемся полученными ранее формулами  
и рассчитаем напряжения, деформацию и скорость деформации  
для образца и сравним с полученными результатами.



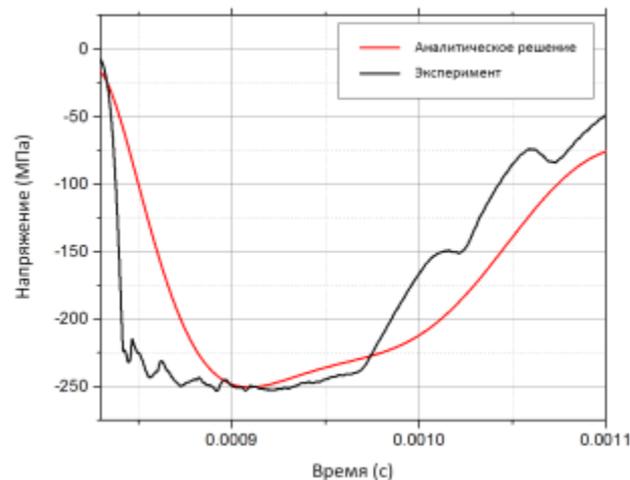
# Модельная задача (КЭ Решение)

## Split Hopkinson Bar Test

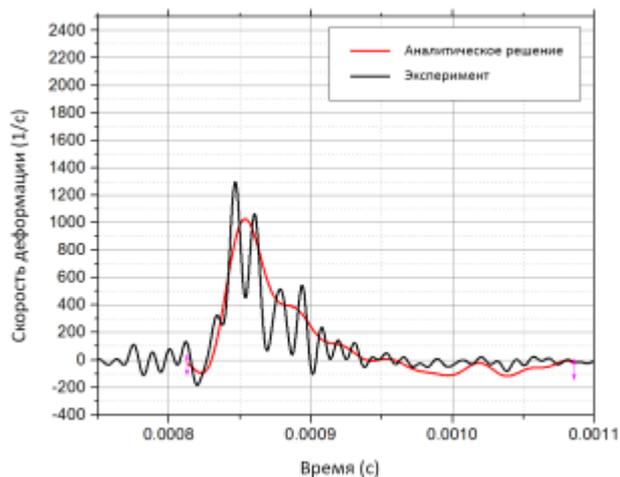
### Деформация в образце



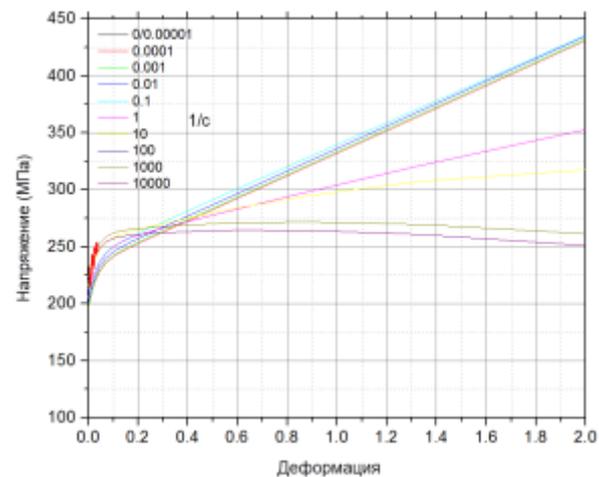
### Напряжение в образце



### Скорость деформации



### AL0017\_IDS





## Конечно-элементная модель фронтальной части автомобиля



Количество элементов	586989
Количество узлов	783743
Количество материалов	22

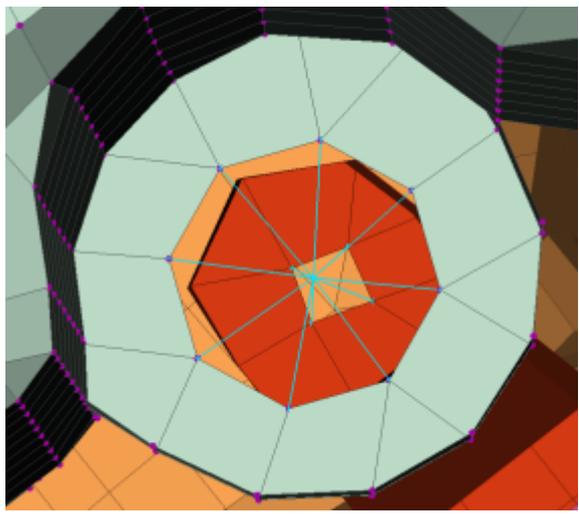


### Основной материал конструкции HC420LA\_IDS

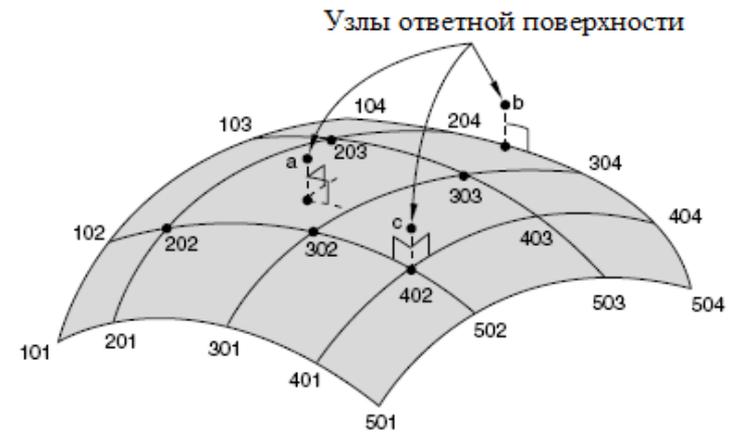
Название материала	Модуль Юнга (ГПа)	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
HC420LA_IDS	210	7.8

## Конечно-элементные связи в модели

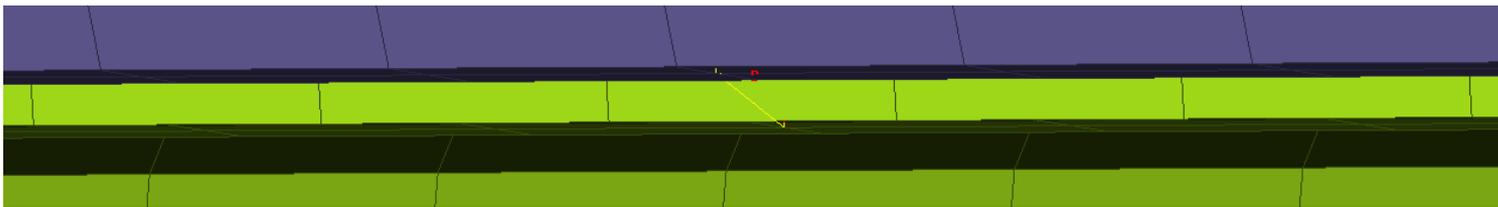
Многоточечные соединения (MPC)



Проецирование узлов ответной поверхности на элементы основной поверхности

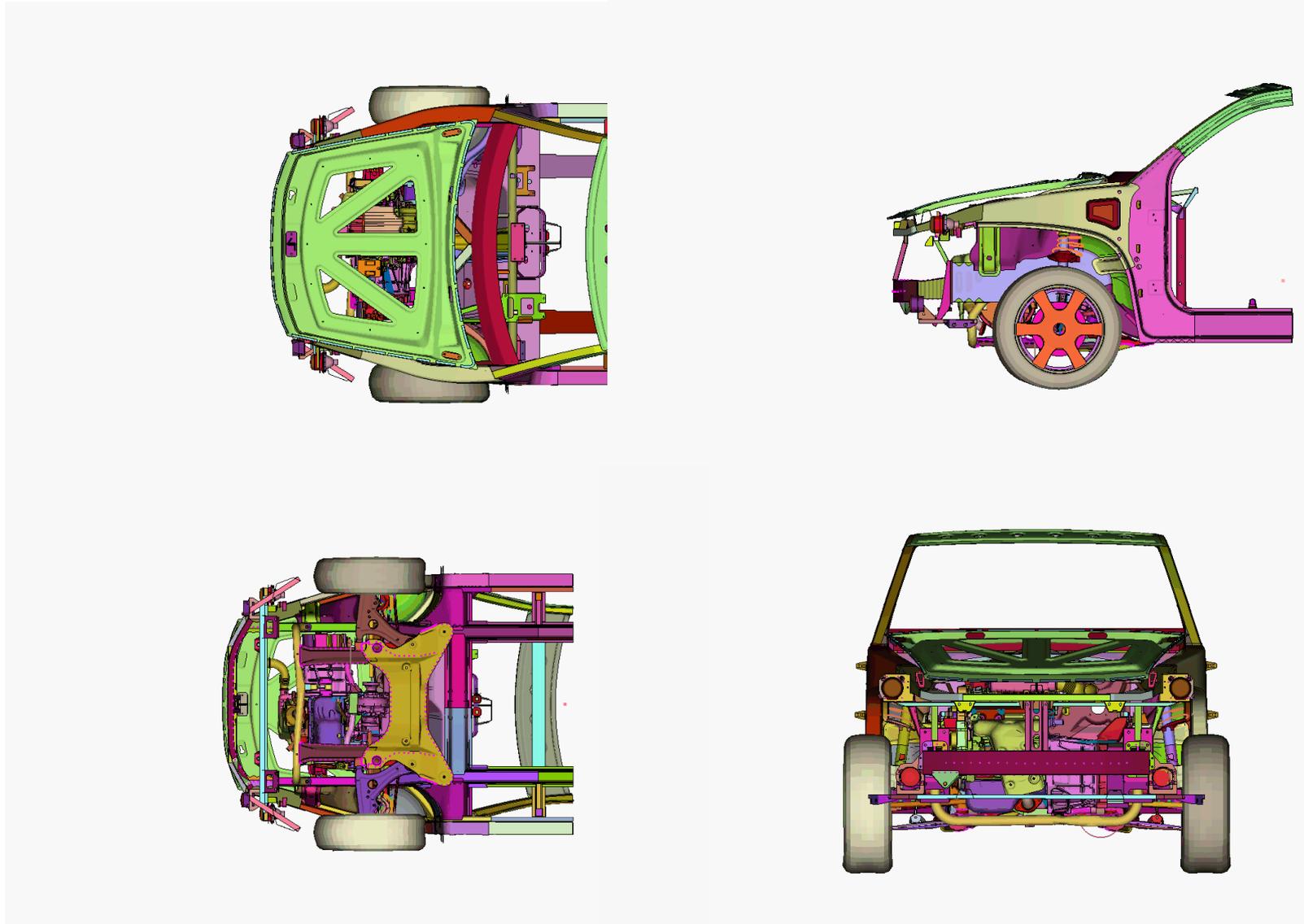


Сварное соединение типа RBE2

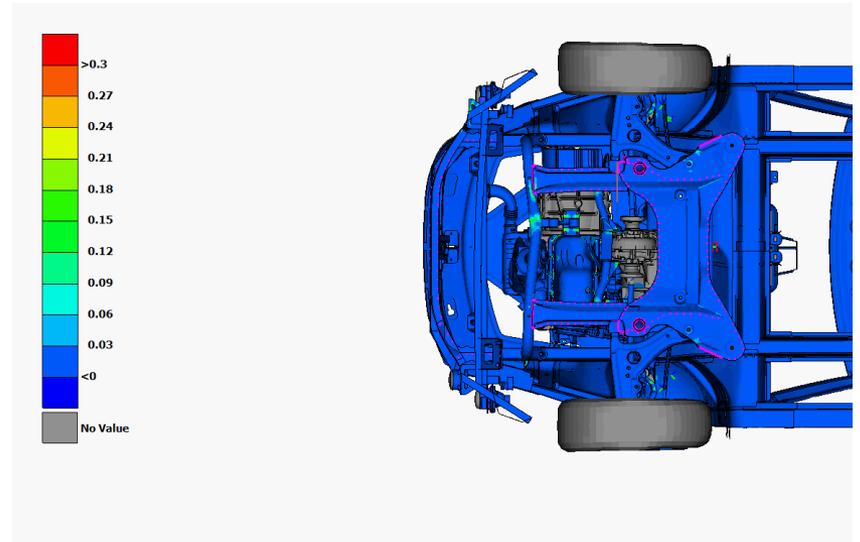
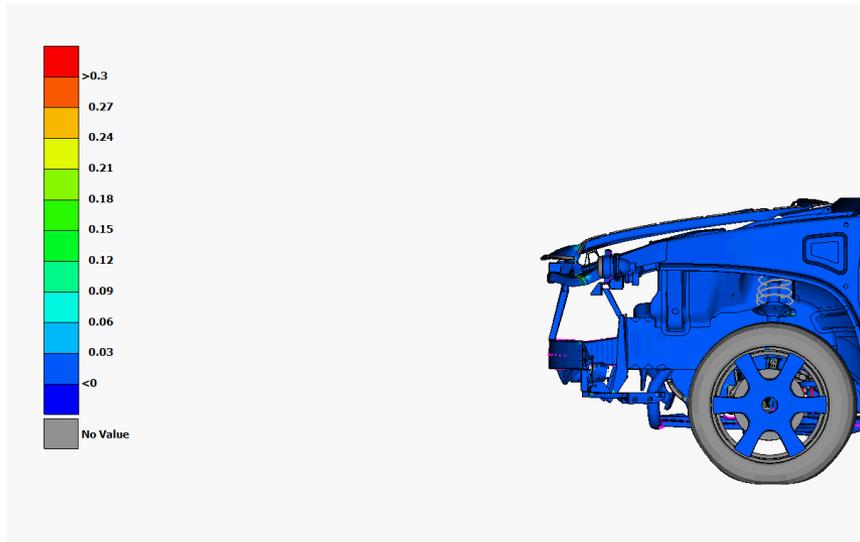




## КЭ моделирование краш-теста



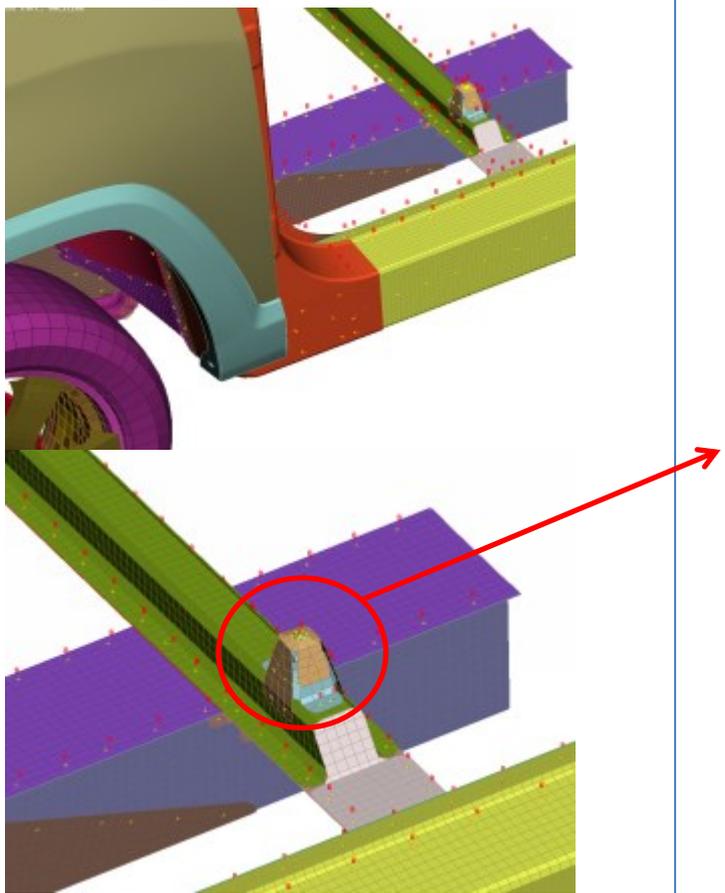
## КЭ моделирование краш-теста



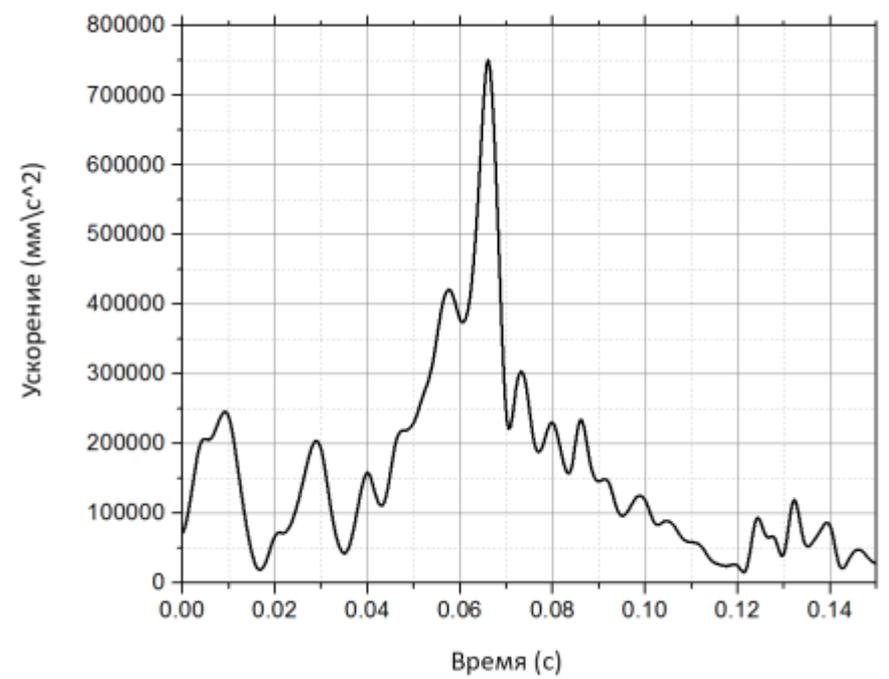
Деформации

## Получение данных ускорения

Крепление сидения водителя

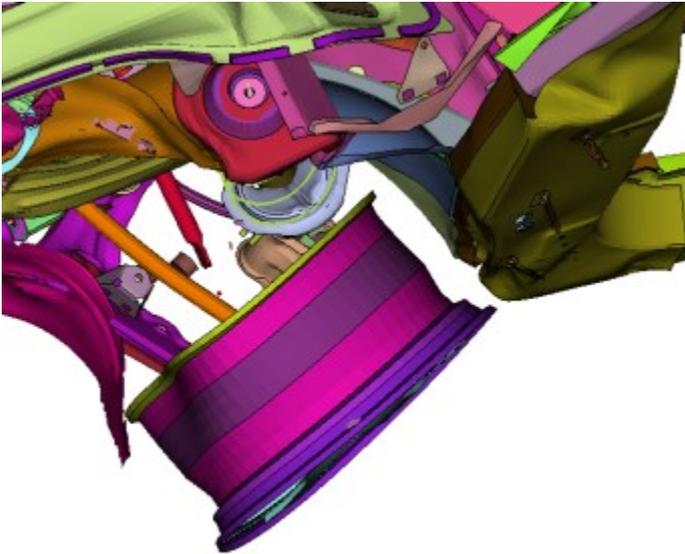


Ускорение точки крепления сидения водителя

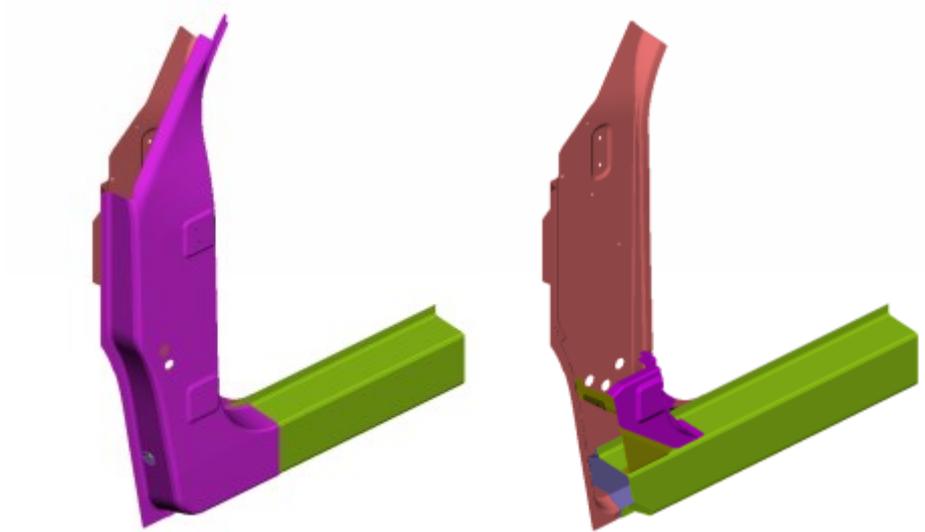


## Рассматриваемая конструкция

Порог и стойка после удара



Конструкция порога и стойки

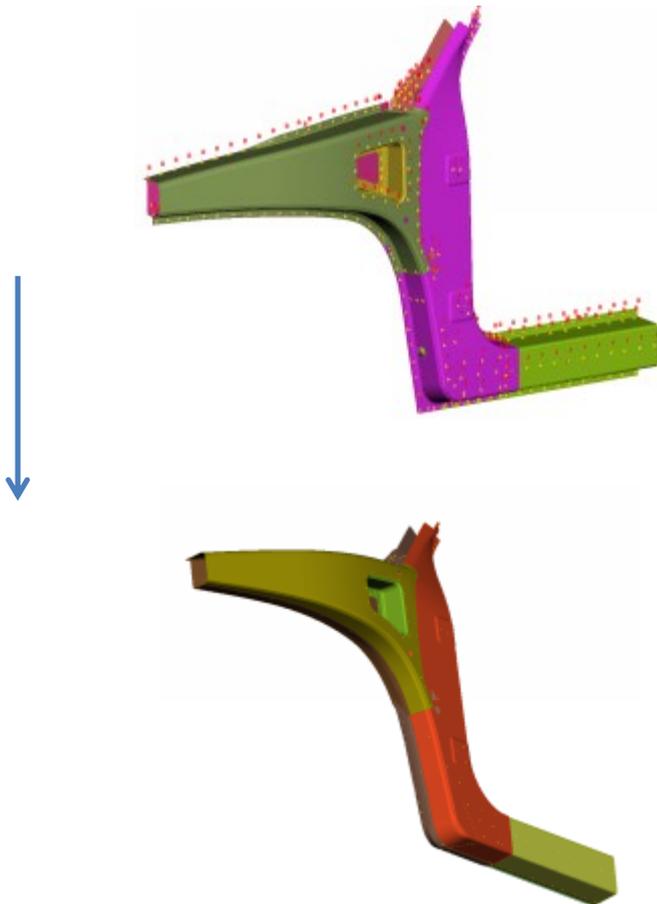


Из приведенного графика видно, что пик ускорения приходится на начальный момент блокировки переднего колеса со стороны водителя между барьером и порогом автомобиля.

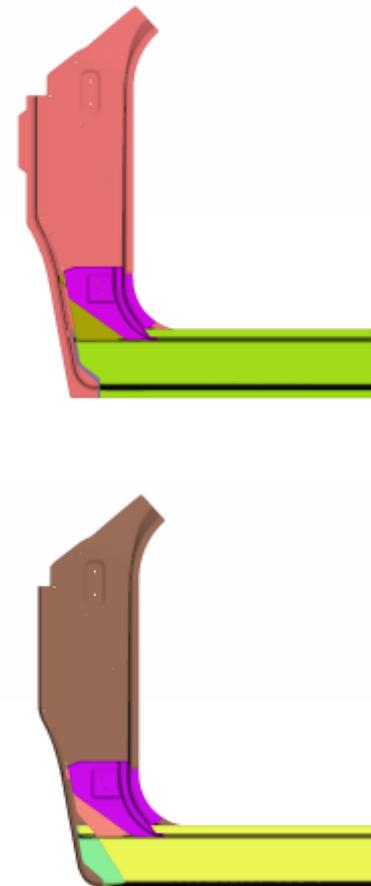


## Улучшение конструкции автомобиля

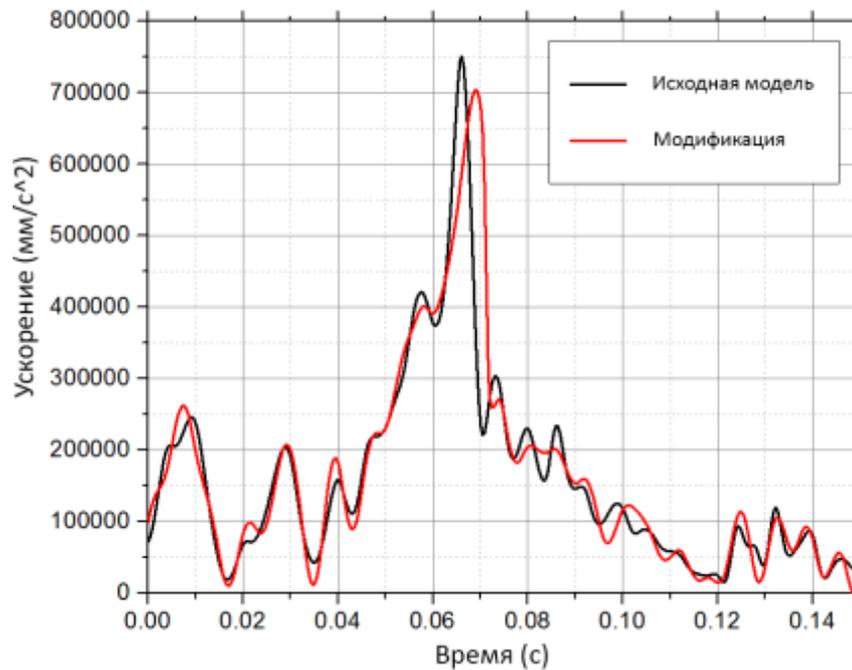
Изменение фланца порога и стойки



Изменение формы порога и стойки



## Результаты модификации



Ускорение в исследуемой точке  
уменьшилось приблизительно на 6%



## Заключение

В данной работе было проведено исследование легкового автомобиля на фронтальный удар с малым перекрытием, которое составляет 25% ширины автомобиля, по стандарту IIHS. Результаты показывают, что значения, полученные для базовой конструкции автомобиля, превышают допустимые показатели.

В ходе исследования были выявлены слабые места конструкции и были предложены пути их изменения для повышения безопасности автомобиля. Путем модификации удалось понизить исследуемую величину (ускорение) для точки крепления водительского кресла.

Тест на фронтальный удар с малым перекрытием является относительно новым и был введен IIHS только в 2012 году. Оценки, которые получали автомобили за этот тест, у большинства были неудовлетворительны или на порядок ниже чем за остальные тесты. Рассматриваемый тест требует более детального изучения и модификации автомобилей.



Спасибо за внимание!