



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

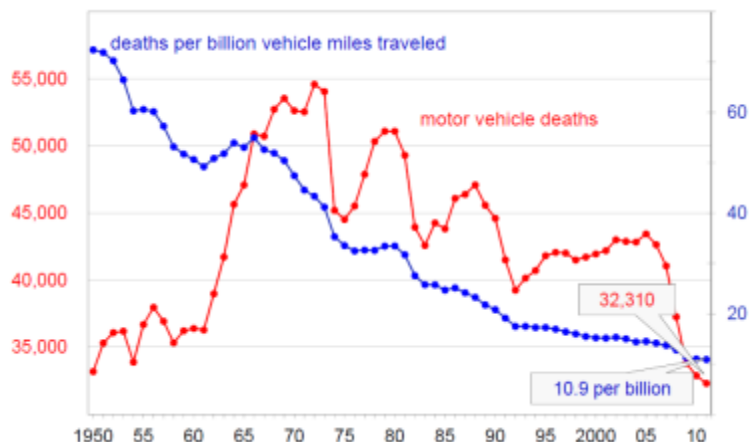
Конечно-элементная модель фронтальной части автомобиля

Улучшение конструкции автомобиля

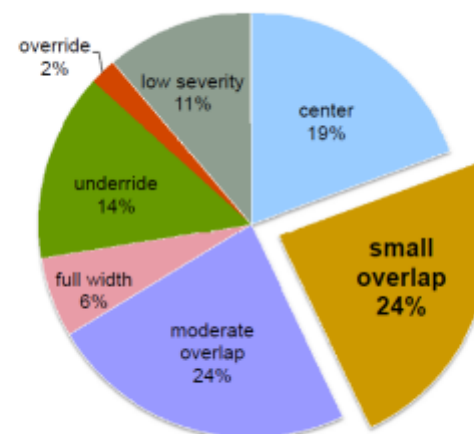
Заключение

Статистика дорожно-транспортных происшествий

ДТП с летальным исходом с 1950 по 2010 года.



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

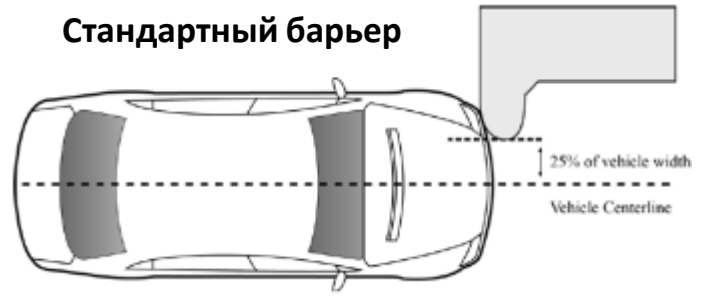


Удар пришелся мимо лонжерона

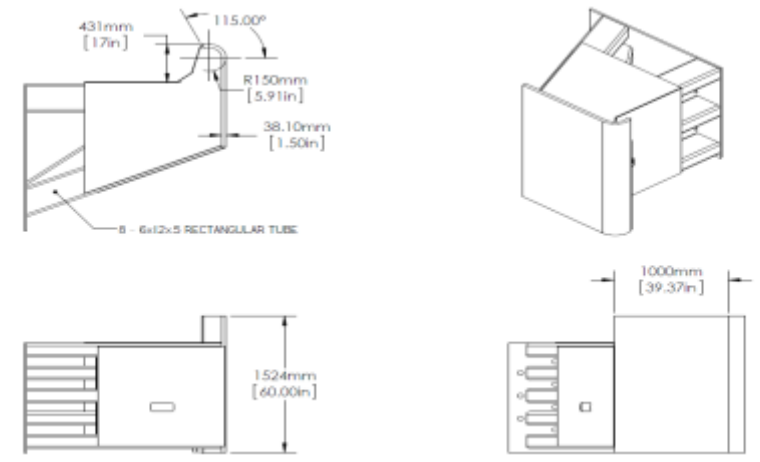
Последствия испытания на фронтальный удар с малым перекрытием.

Фронтальный удар с малым перекрытием

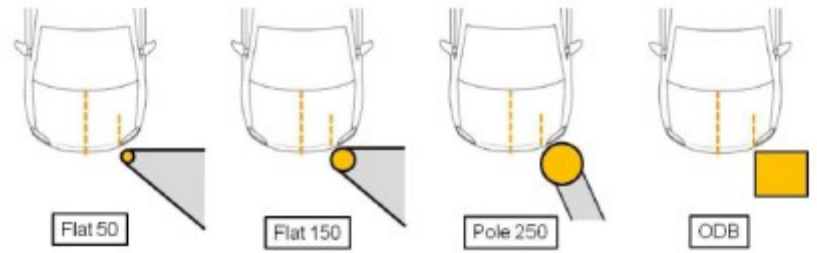
Стандартный барьер



Чертеж используемого барьера

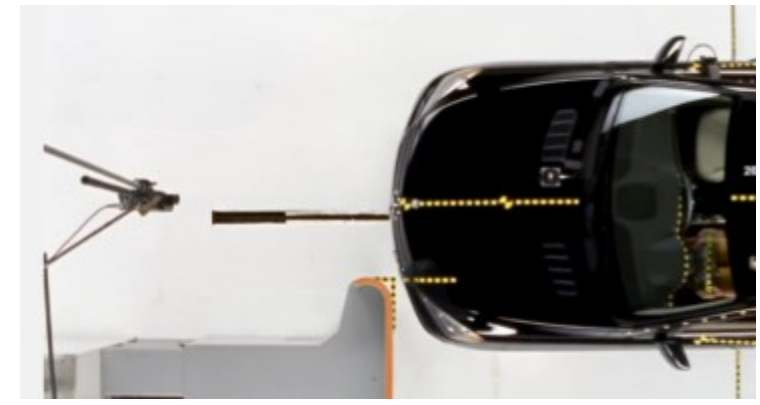


Используемые типы барьеров



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

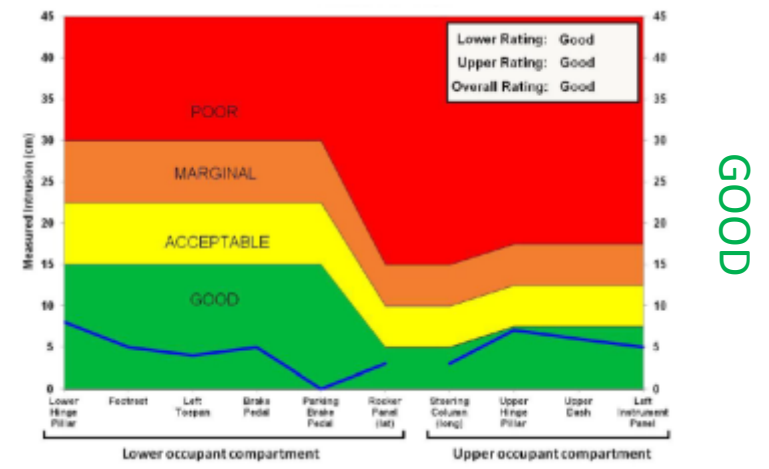


Lexus IS
POOR

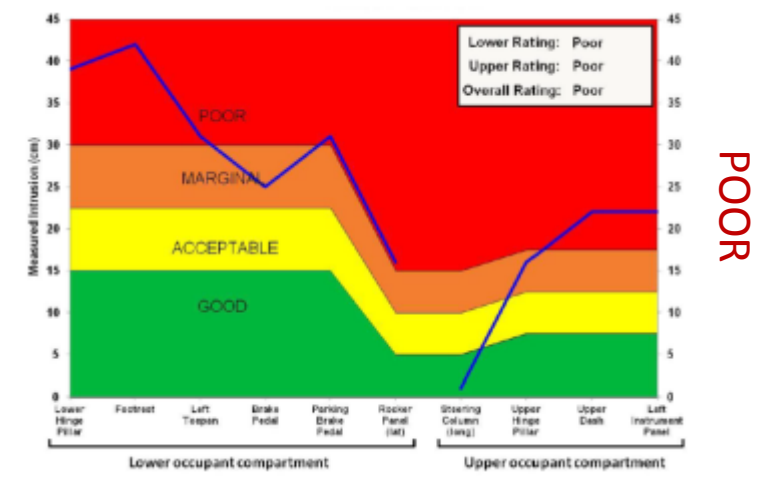


Volvo S60
GOOD

Оценки теста



GOOD



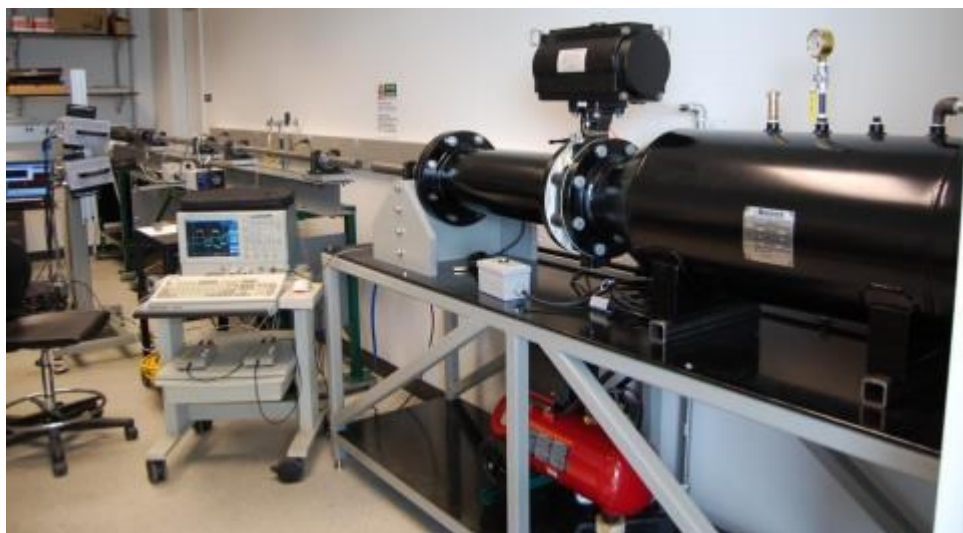
POOR



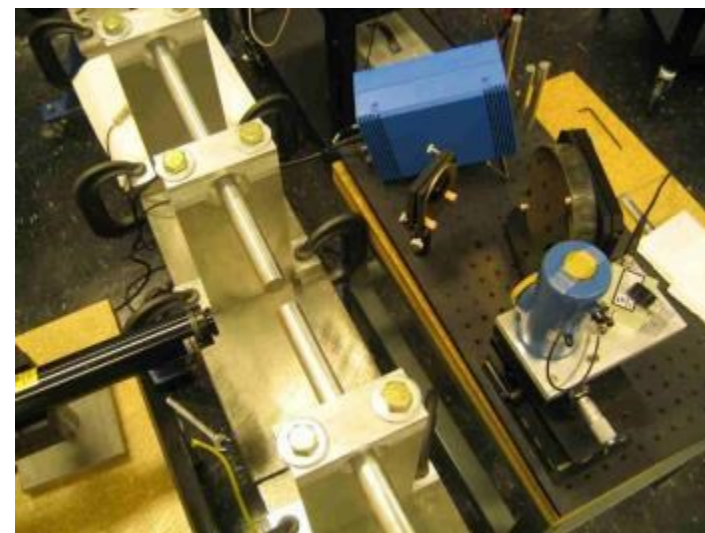
Модельная задача

Split Hopkinson Bar Test

Экспериментальная установка

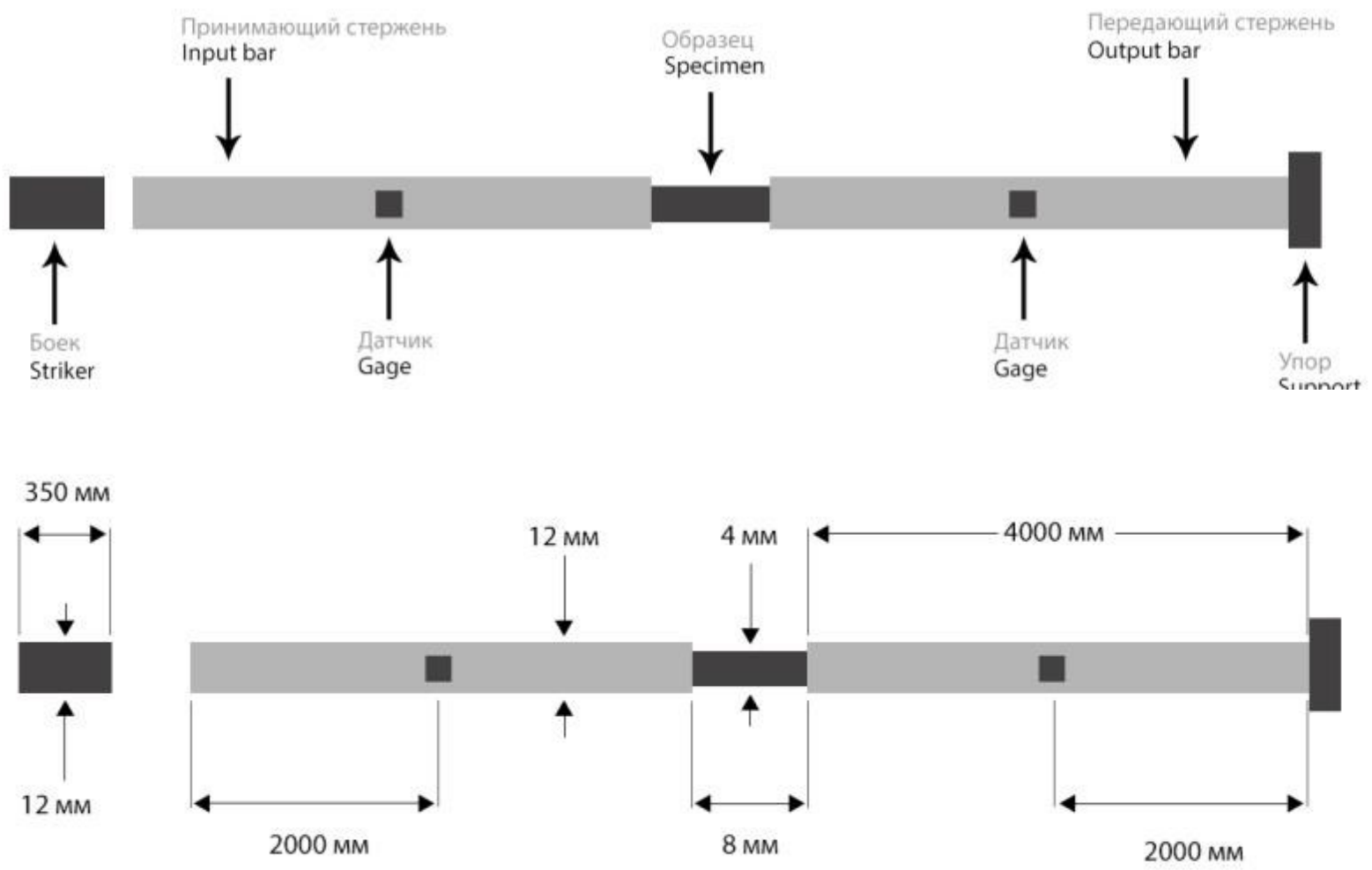


Место для образца



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

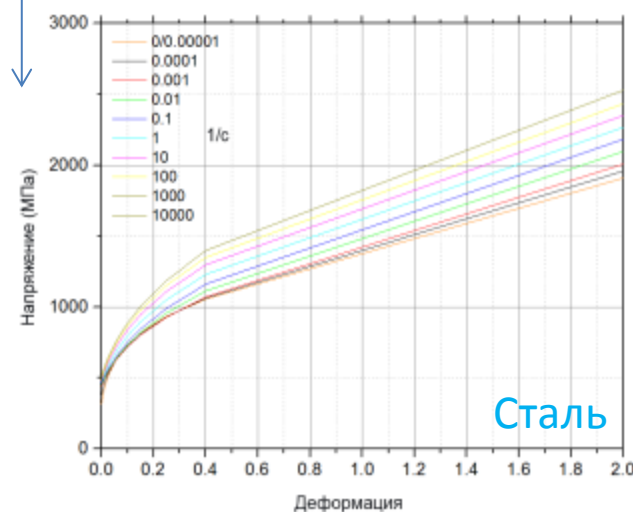
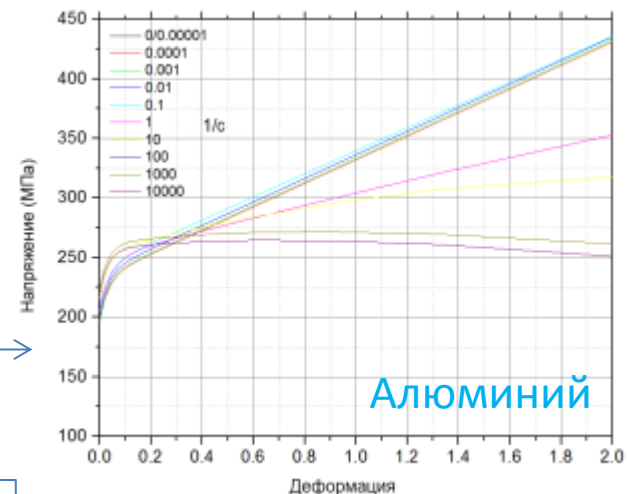
Параметры бойка

Масса (г)	Скорость (мм/с)
170	5800

Материалы

Параметры стержней и образца

	Длина (мм)	Диаметр (мм)	Материал	Плотность (т/мм³)	Модуль Юнга (МПа)
Стержень	4000	12	Сталь H400T_IDS	7.8E-9	210
Образец	8	4	Алюминий AL0017_IDS	2.7E-9	70





Модельная задача (Обоснование)

Split Hopkinson Bar Test

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

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

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

Напряжение

Скорость деформации

Деформация

Скорость распространения волны

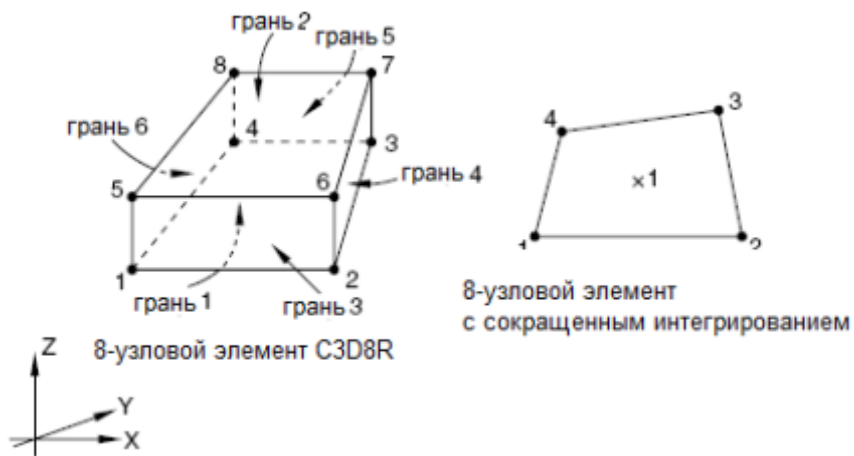
$$C_0 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

ε_T - деформация на передающем стержне
от переданной волны

ε_R - деформация на принимающем стержне
от отраженной волны

Модельная задача (КЭ Постановка) Split Hopkinson Bar Test

Используемые элементы



Параметры модели

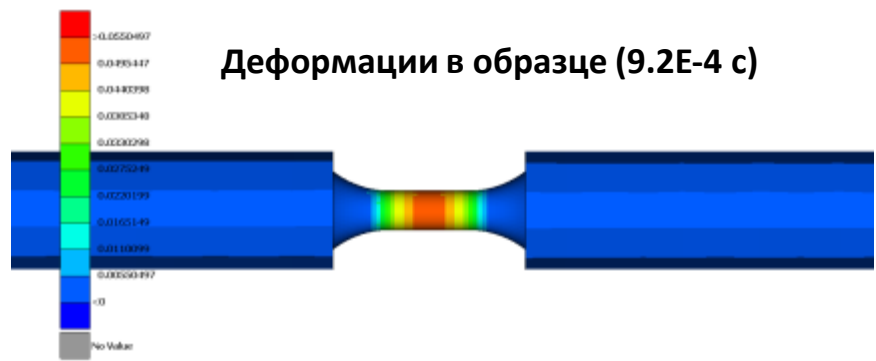
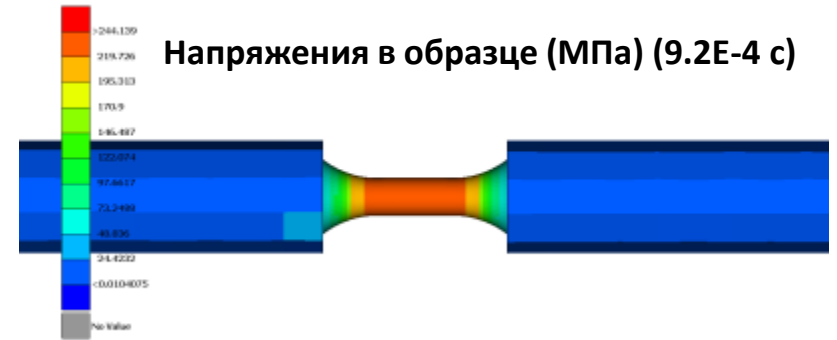
Объект	Элементы	Степени свободы (разр.)
Боек	257	2,5
Приним. стержень	11000	2,5
Перед. стержень	11000	2,5
Образец	9245	FREE
Упор	351	FIXED

Образец в начальный момент времени



Модельная задача (КЭ Решение)

Split Hopkinson Bar Test



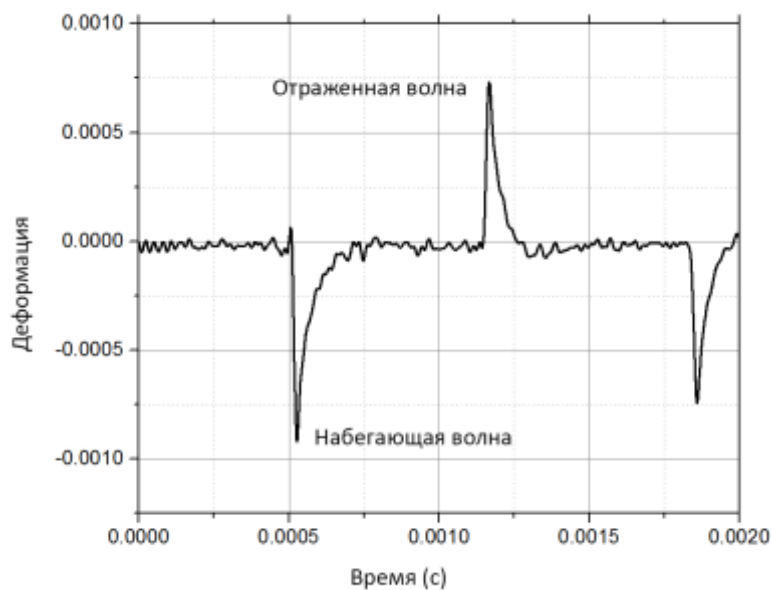
Время (с)	Шаг	Величины
0.002	10E-6	E, S, ER

Модельная задача (КЭ Решение)

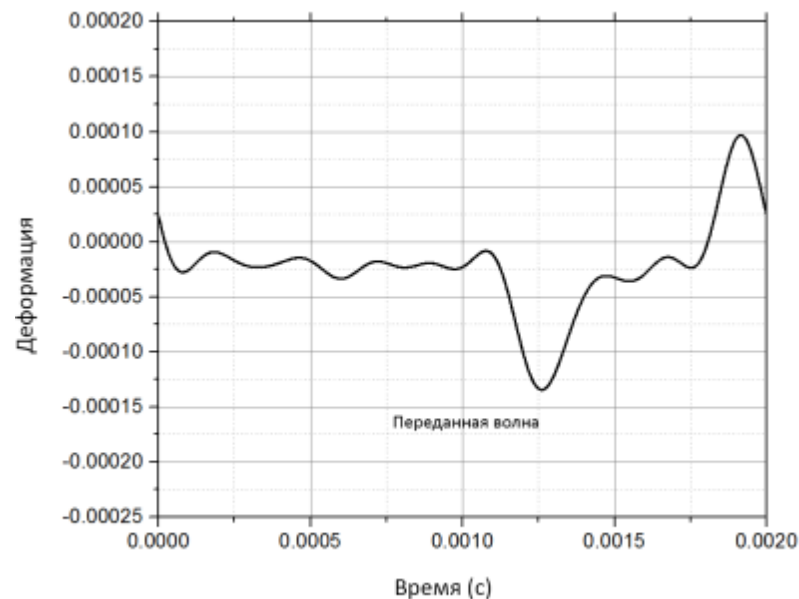
Split Hopkinson Bar Test

Деформация в балке

Начальная и отраженная волны



Переданная волна



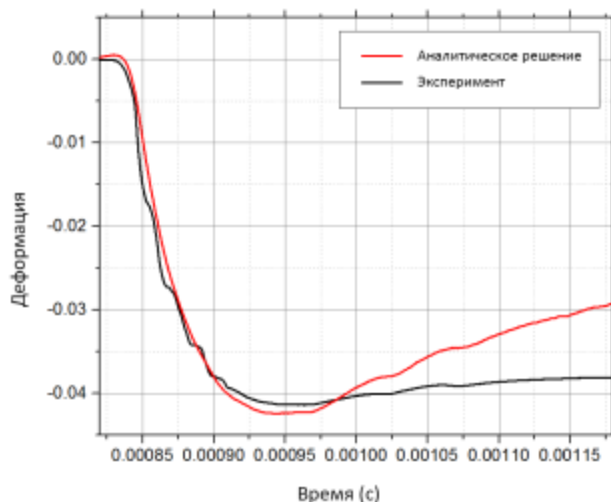
Воспользуемся полученными ранее формулами и рассчитаем напряжения, деформацию и скорость деформации для образца и сравним с полученными результатами.



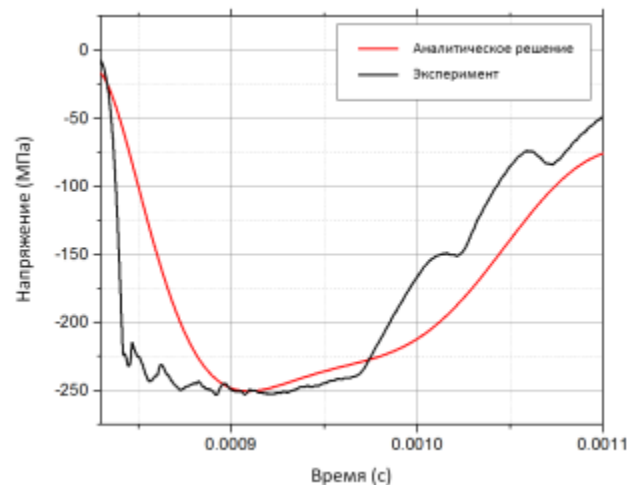
Модельная задача (КЭ Решение)

Split Hopkinson Bar Test

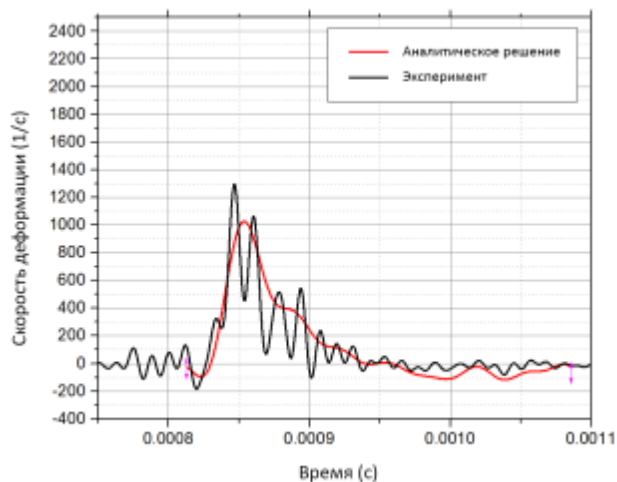
Деформация в образце



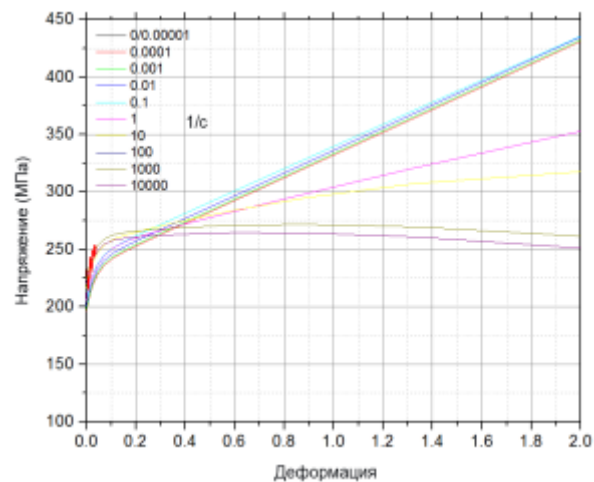
Напряжение в образце



Скорость деформации



AL0017_IDS



Конечно-элементная модель фронтальной части автомобиля



Количество элементов	586989
Количество узлов	783743
Количество материалов	22

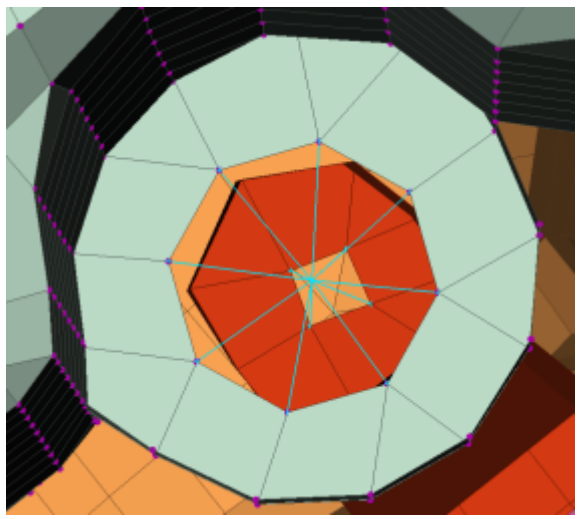


Основной материал конструкции HC420LA_IDS

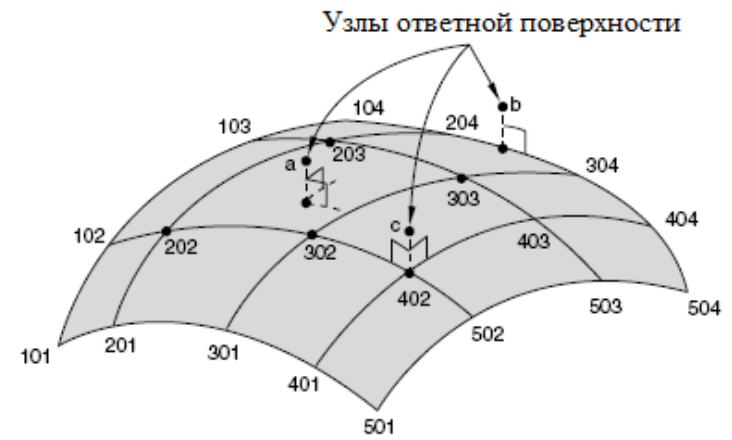
Название материала	Модуль Юнга (ГПа)	Плотность (г/см ³)
HC420LA_IDS	210	7.8

Конечно-элементные связи в модели

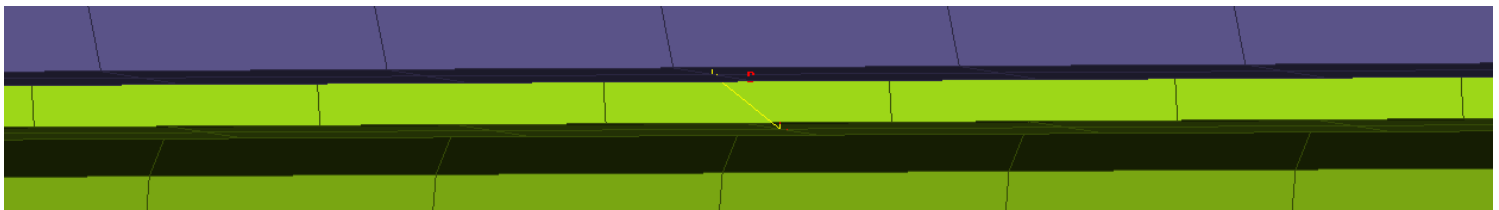
Многоточечные соединения (MPC)



Проецирование узлов ответной поверхности на элементы основной поверхности

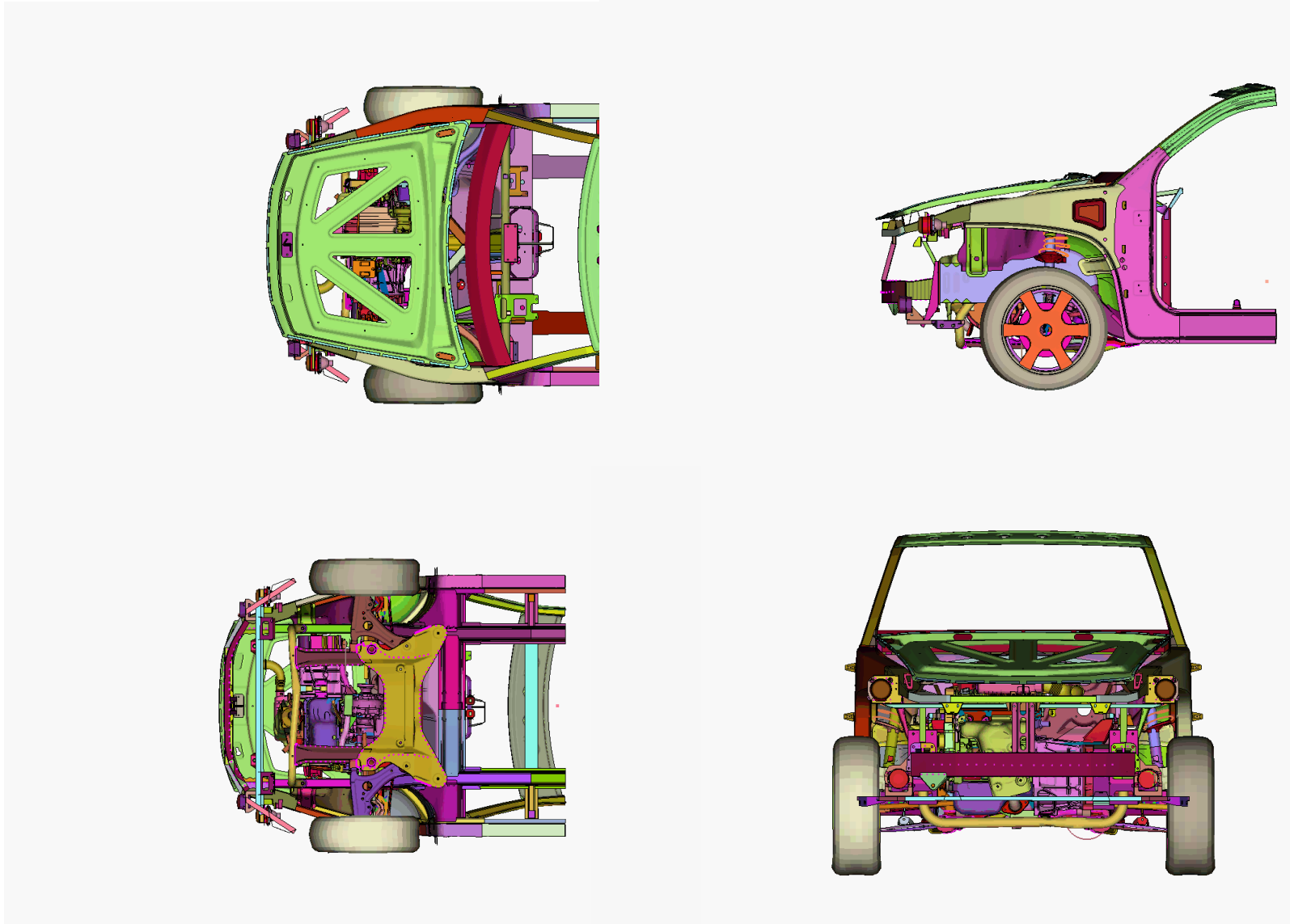


Сварное соединение типа RBE2

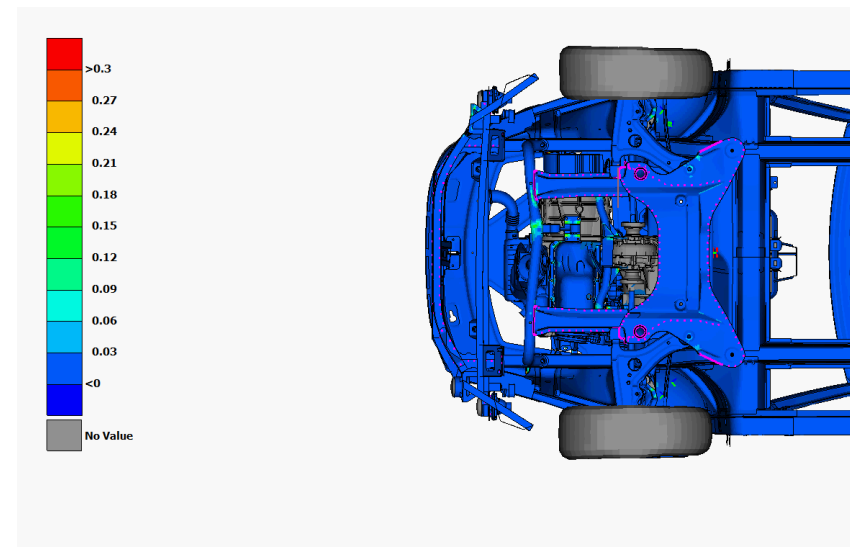
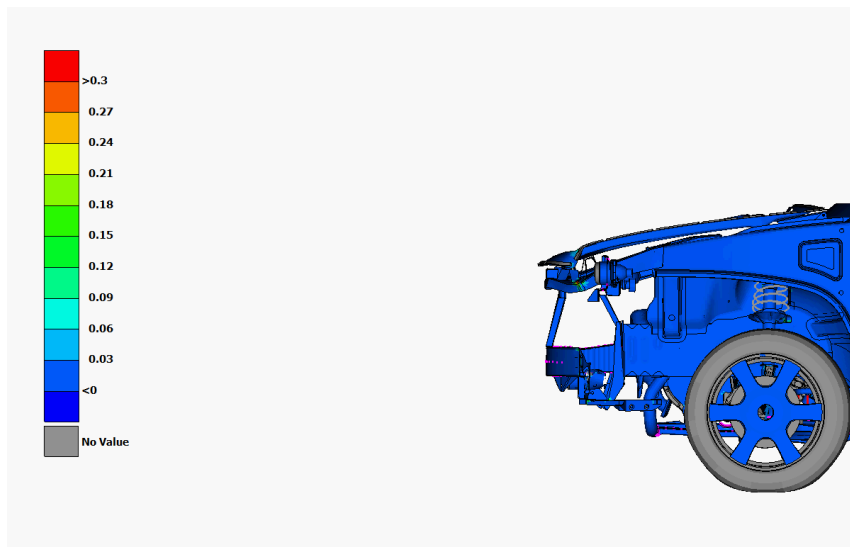




КЭ моделирование краш-теста



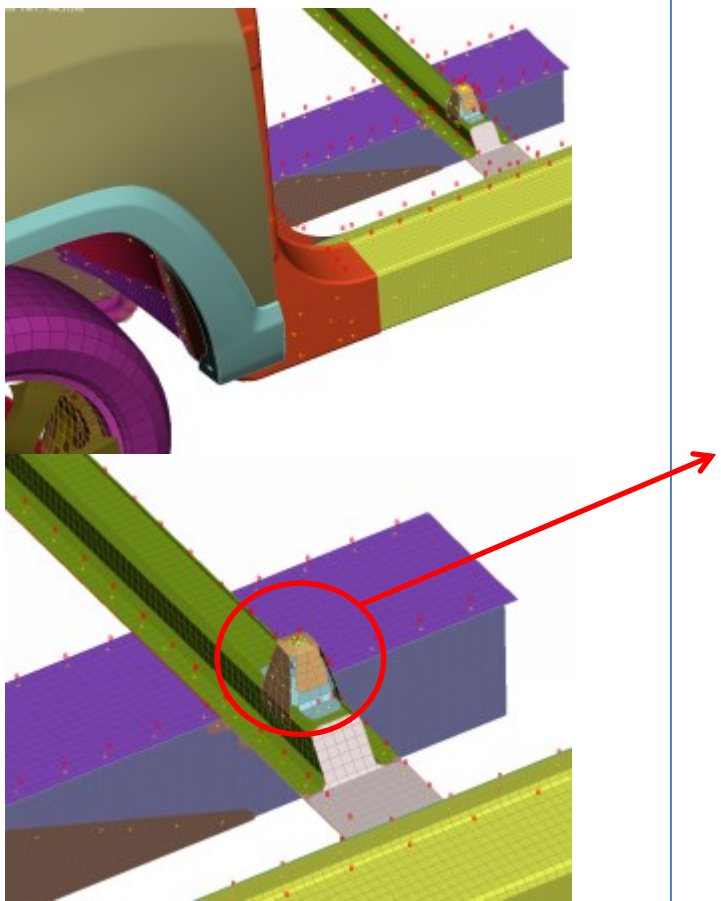
КЭ моделирование краш-теста



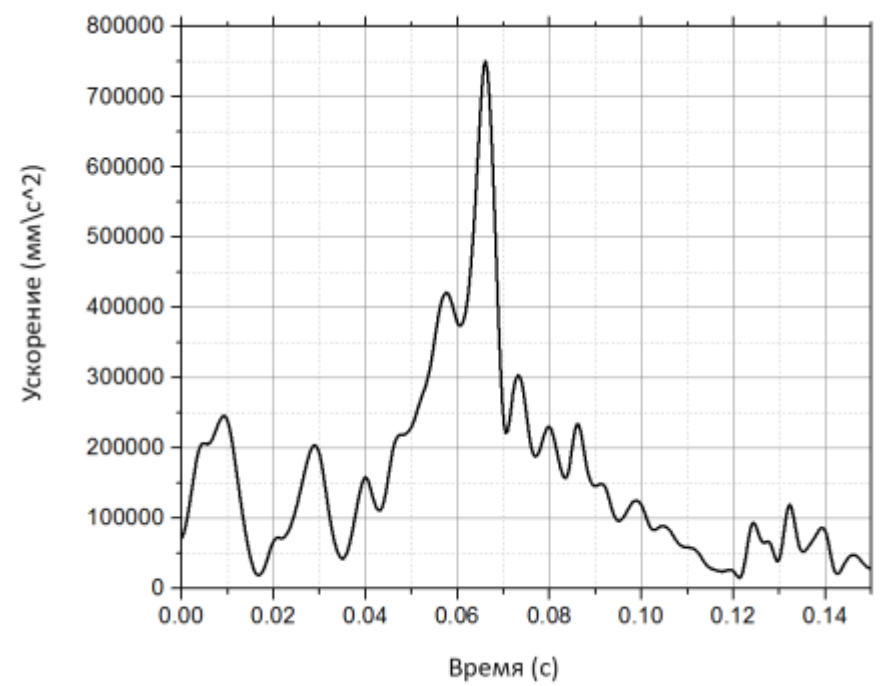
Деформации

Получение данных ускорения

Крепление сидения водителя

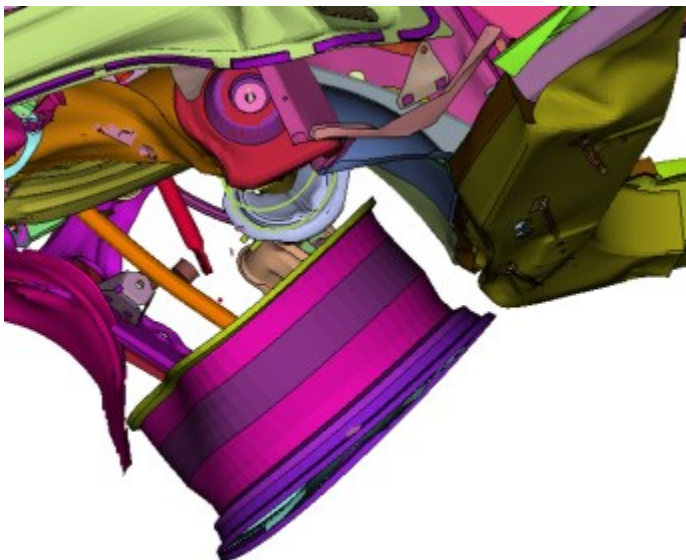


Ускорение точки крепления сидения водителя

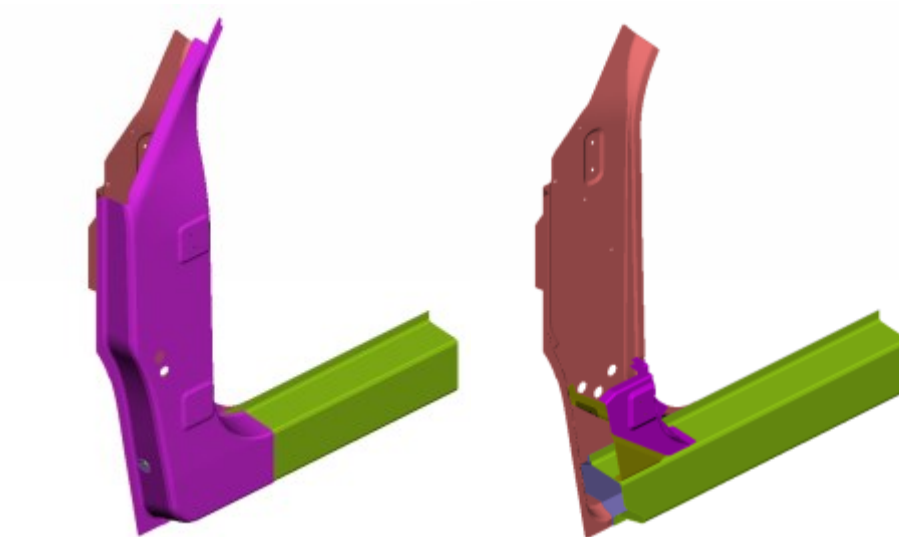


Рассматриваемая конструкция

Порог и стойка после удара



Конструкция порога и стойки

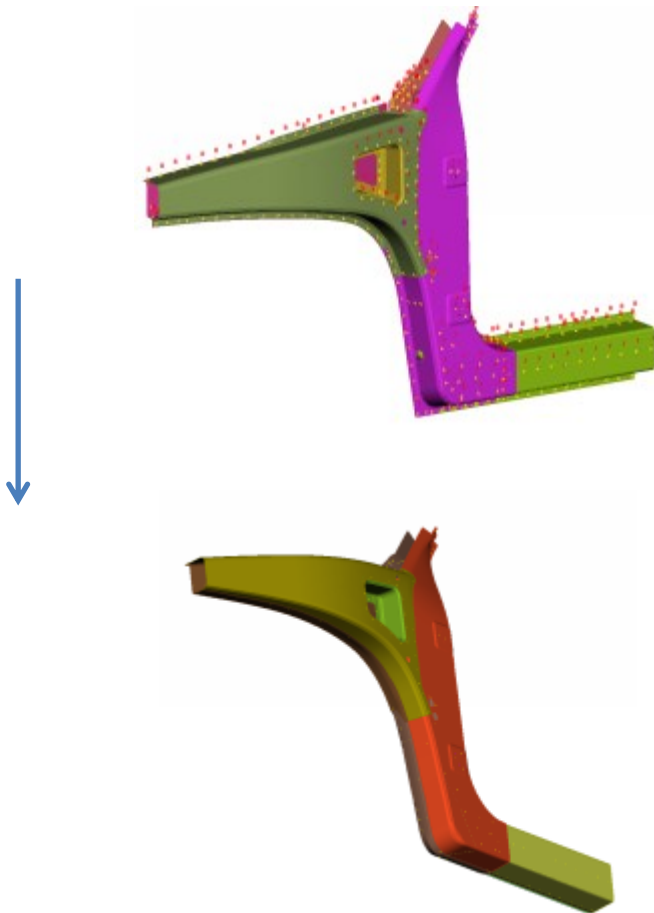


Из приведенного графика видно, что пик ускорения приходится на начальный момент блокировки переднего колеса со стороны водителя между барьером и порогом автомобиля.

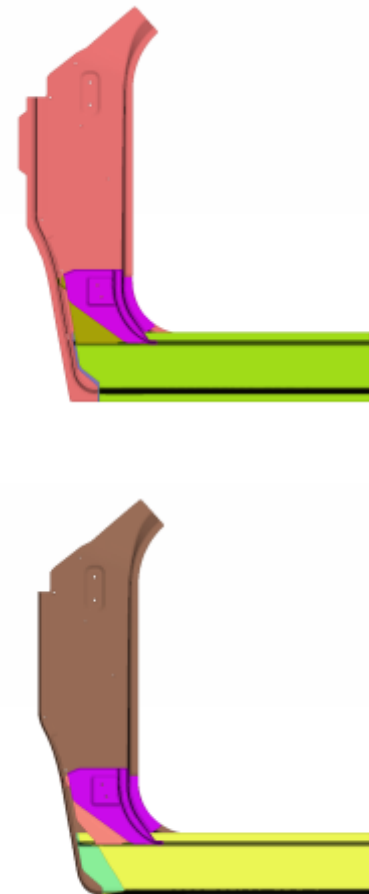


Улучшение конструкции автомобиля

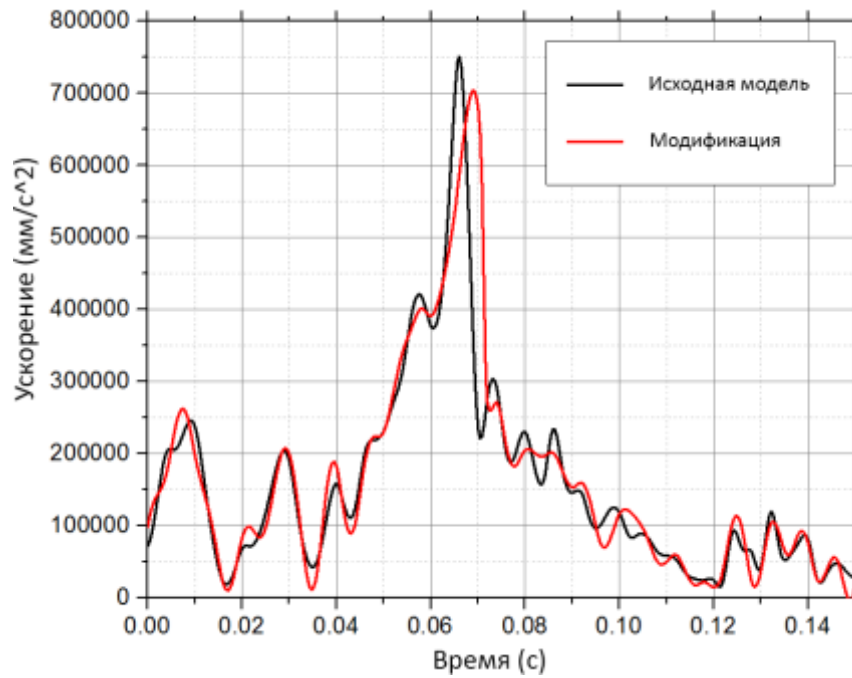
Изменение фланца порога и стойки



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!