



Выпускная работа бакалавра

Конечно-элементное моделирование и исследование конструкции устройства, обеспечивающего безопасность пассажиров в автомобилях с открытым верхом



Направление: 151600 – Прикладная механика

Выполнил студент гр. 43602/1 Д.В. Николаев
Руководитель, к.т.н., проф. А.И. Боровков
Соруководитель, асс. О.И. Клявин

Санкт-Петербург
2014



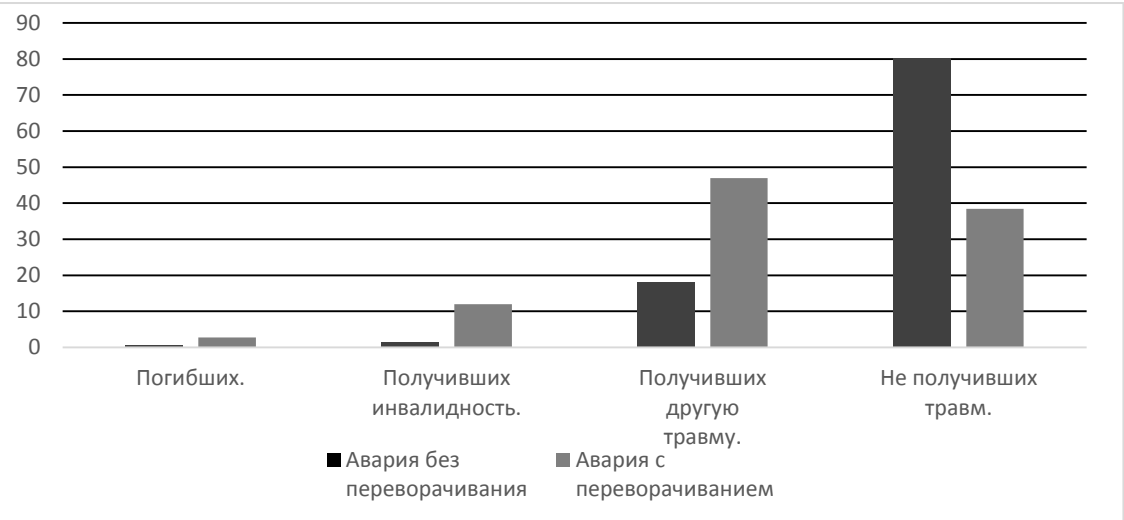
Содержание.

1. Актуальность задачи. Защитные конструкции.
2. Решение модельной задачи.
3. Обзор рейтингового теста IIHS.
4. Исследование оригинальной ROPS автомобиля.
5. Оптимизация времени вычисления.
6. Серия модификаций конструкции ROPS.
7. Анализ результатов. Выводы.



1. Актуальность задачи. Защитные конструкции.

Процент пассажиров, пострадавших в различной степени



ROPS на сельскохозяйственной технике



Современная система защиты





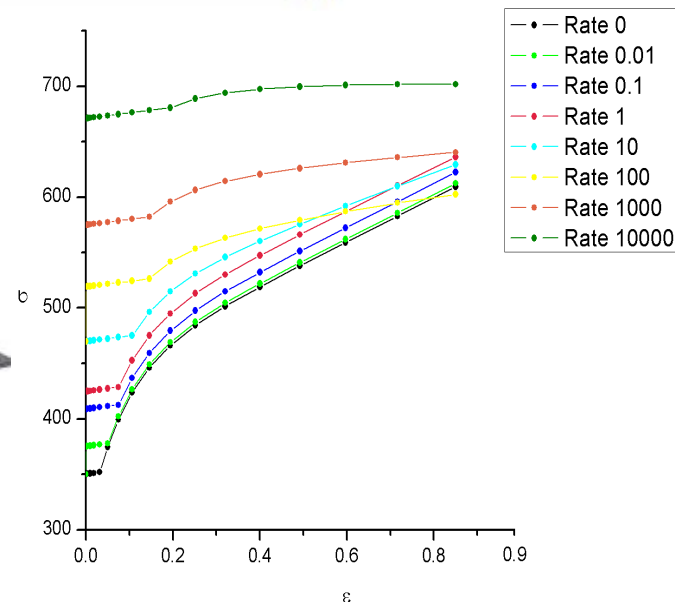
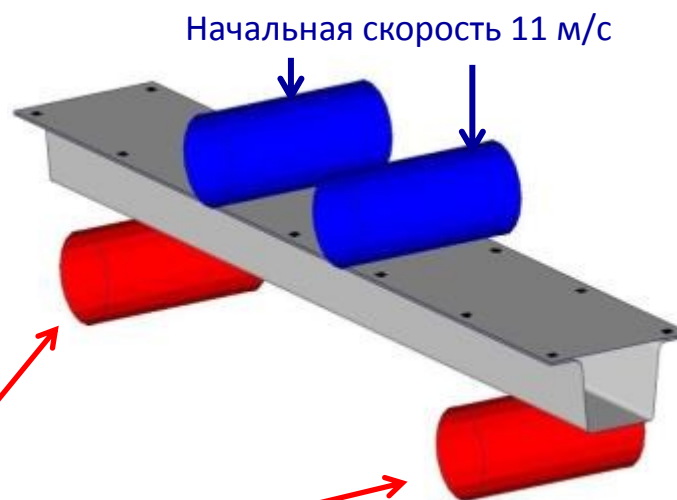
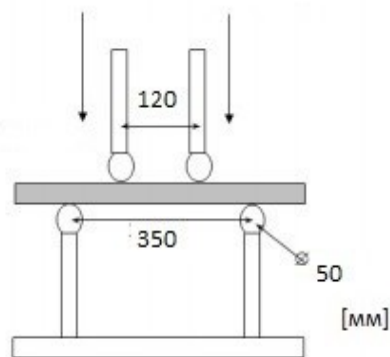
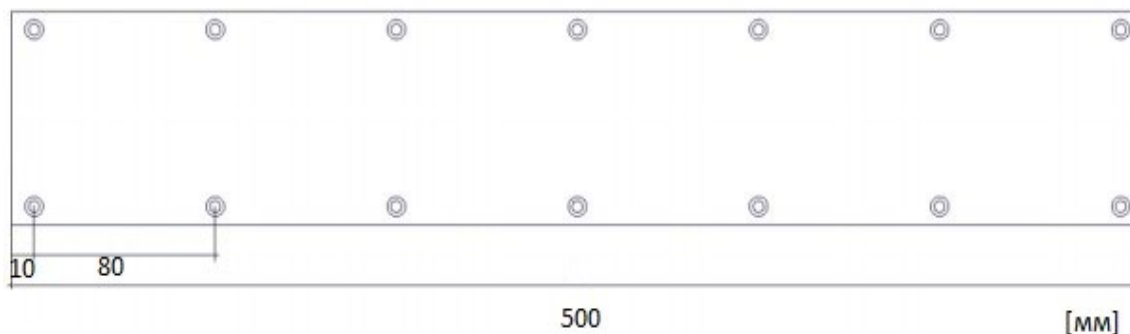
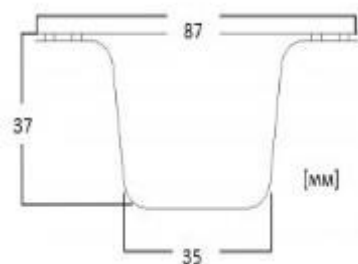
1. Актуальность задачи. Защитные конструкции.



2. Решение модельной задачи.

Четырехточечный изгиб сварной балки.

Постановка задачи и её конечно элементная модель.



Граничное условие на отсутствие перемещения

Кривые деформации материала в зависимости от скорости деформации

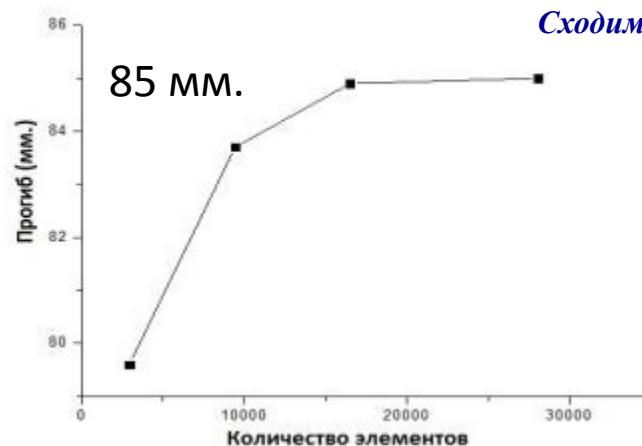
2. Решение модельной задачи.

Четырехточечный изгиб сварной балки.

Результаты



85.6 мм.



Сходимость.

85 мм.

Пластические деформации



Вид деформированной балки после эксперимента и при конечно-элементном решении. Отмечены зоны пластической деформации



3. Обзор рейтингового теста IHHS.

Установка для проведения IHHS теста на безопасность при опрокидывании



Результаты теста IHHS для двух автомобилей

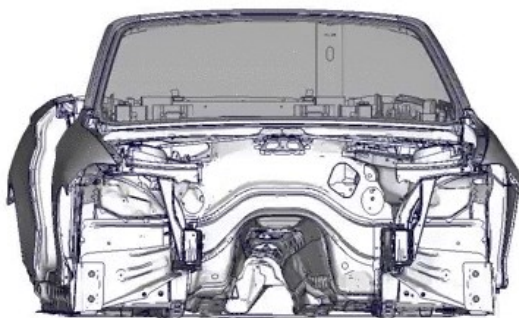


$$SWR = \frac{\text{Сила давления импактора}}{\text{Вес автомобиля}}$$

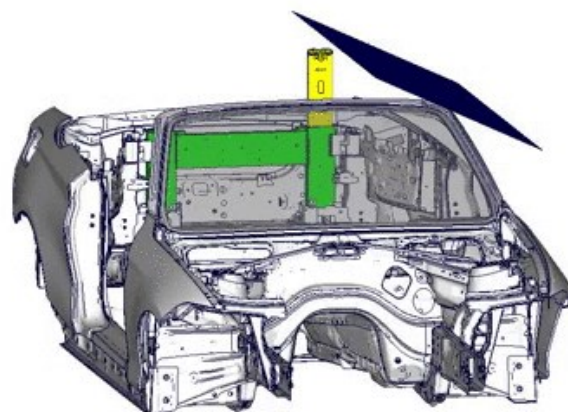
4. Исследование оригинальной ROPS автомобиля.

Рейтинговый тест IHHS.

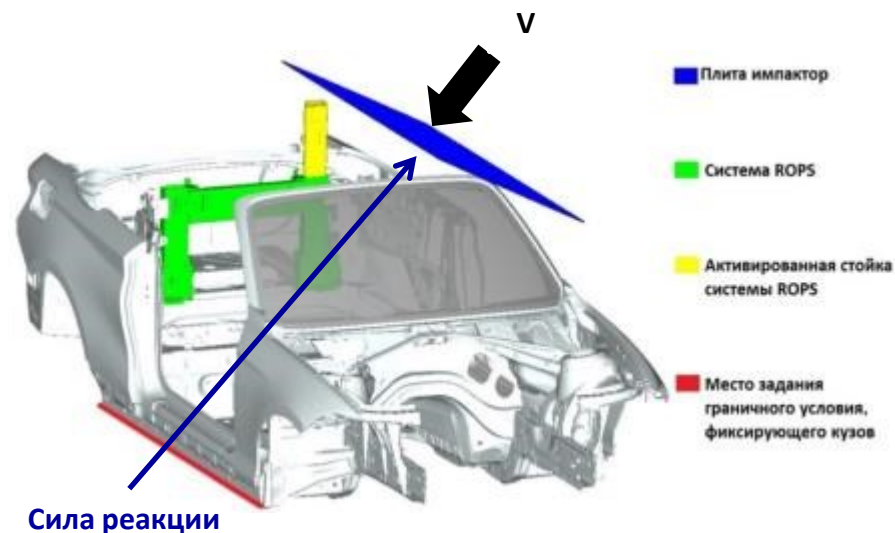
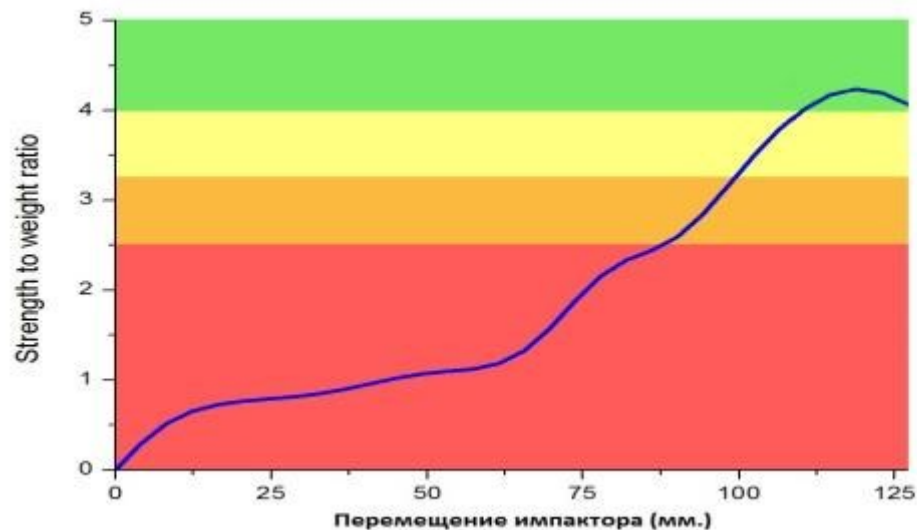
Вид конечно элементной модели



Моделирование теста IHHS



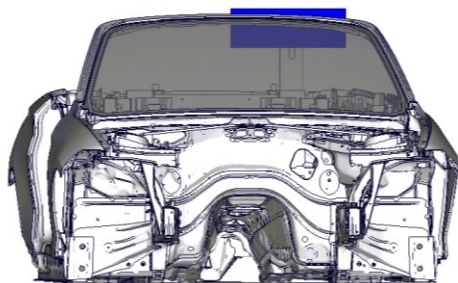
Результаты теста IHHS



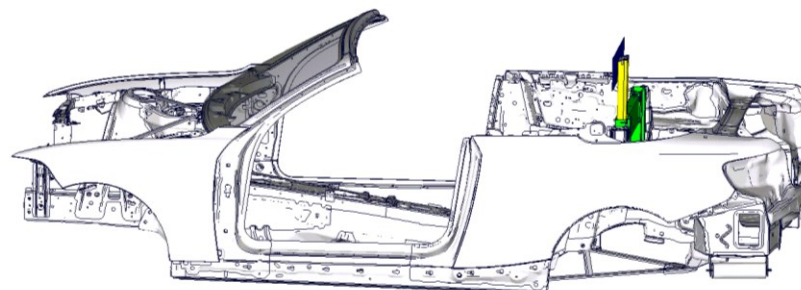
4. Исследование оригинальной ROPS автомобиля.

Тесты автопроизводителей.

Вид конечно элементной модели

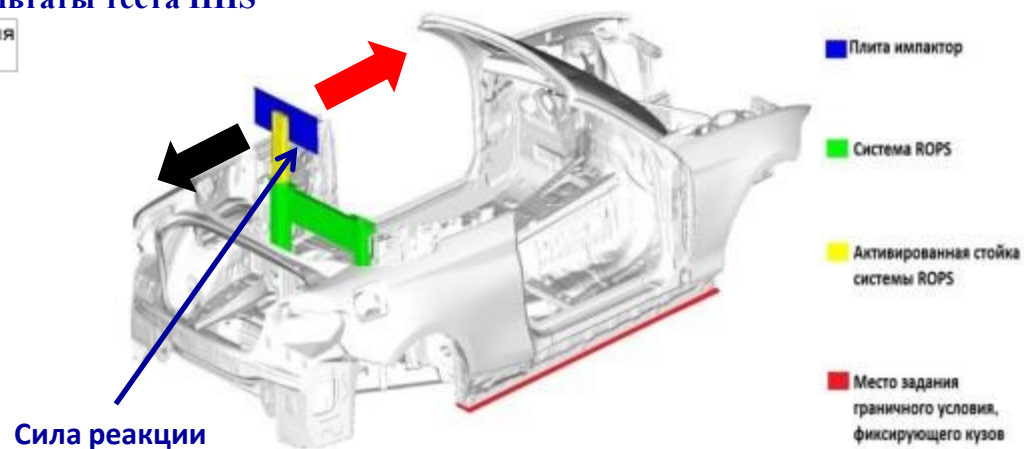
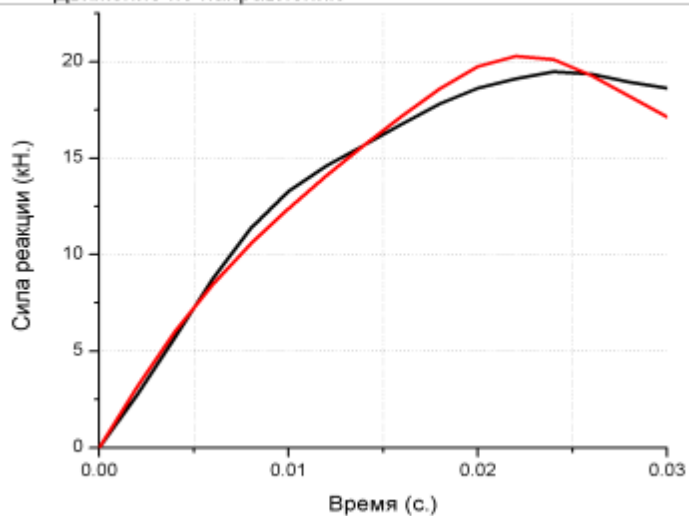


Моделирование теста автопроизводителей



Результаты теста ИИНС

— Движение импактора против направления движения автомобиля
— Движение по направлению

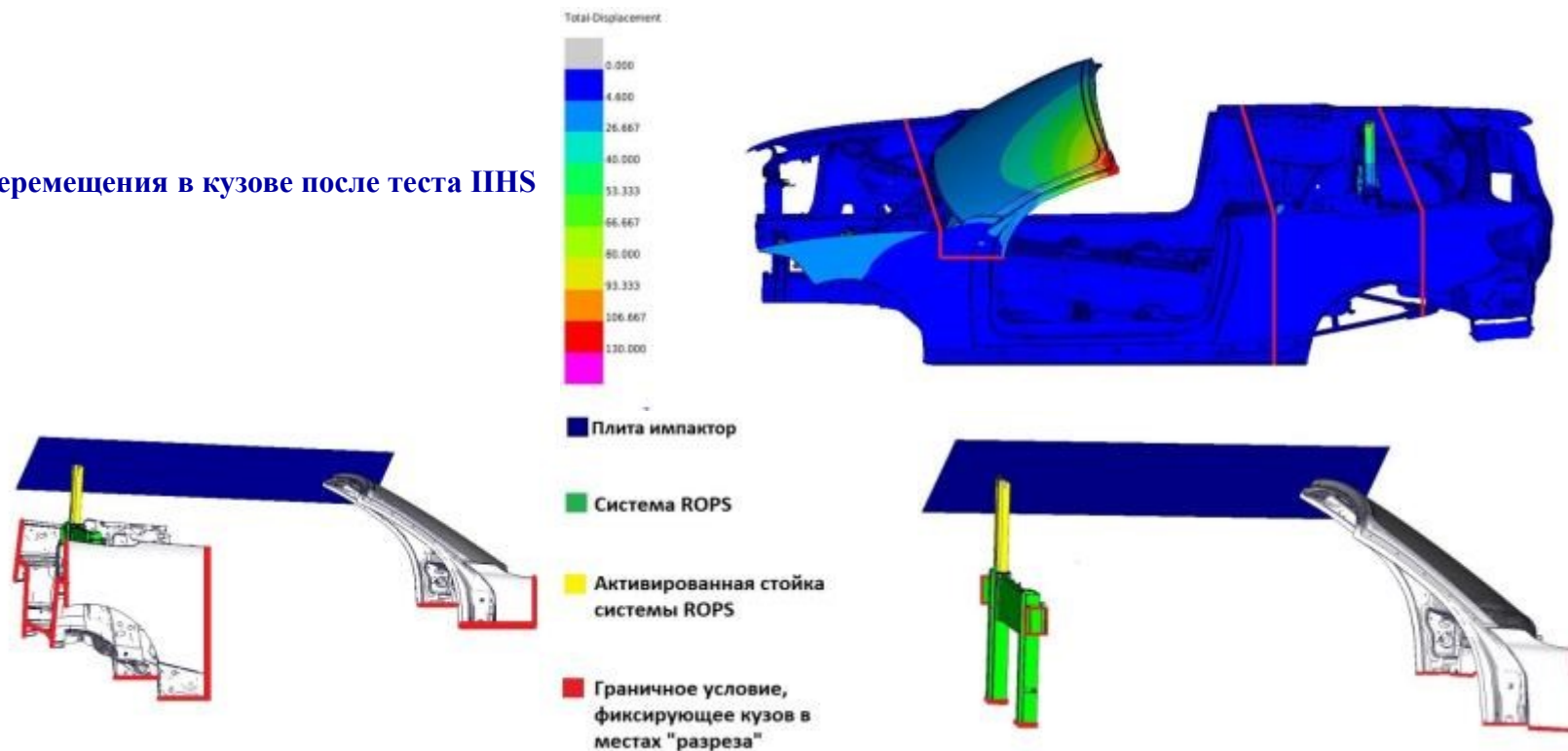


5. Оптимизация времени вычисления.

Рейтинговый тест IHS.

Различные варианты конечно элементных моделей в тесте IHS

Перемещения в кузове после теста IHS

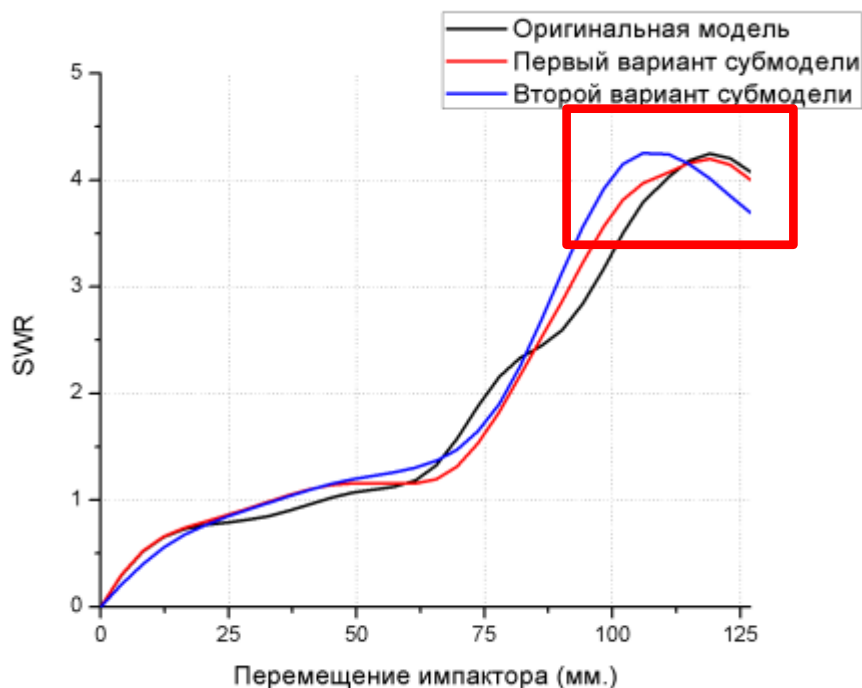


Вариант модели	Оригинальная	Первая суб.	Вторая суб.
NDF	3 600 000	1 500 000	900000

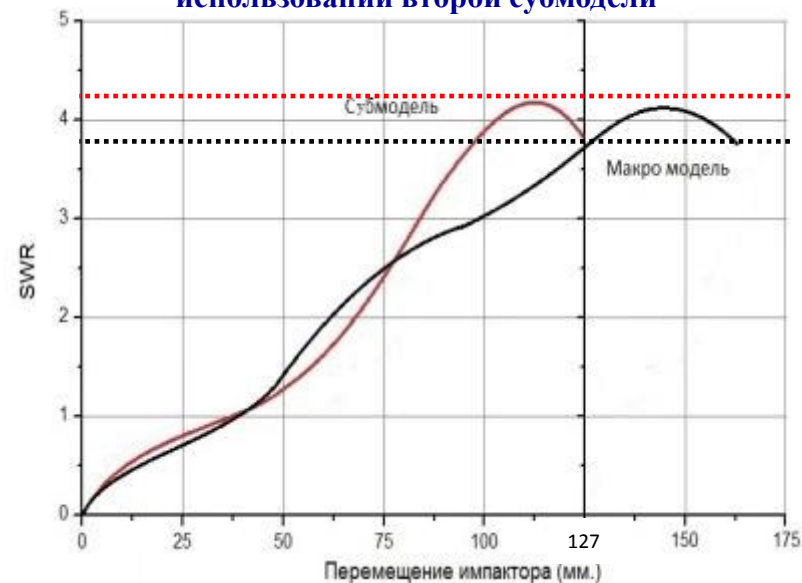
5. Оптимизация времени вычисления.

Рейтинговый тест IHS.

Различные варианты конечно элементных моделей в тесте IHS



Пример возможной ошибки при использовании второй субмодели

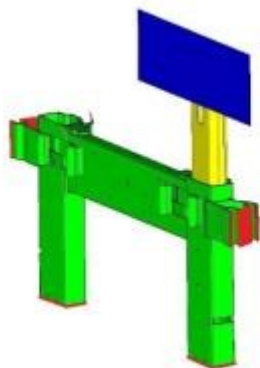
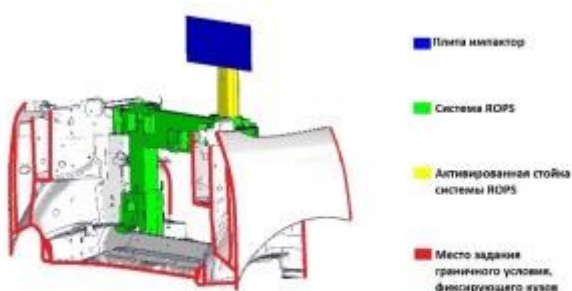


Вариант модели	Оригинальная	Первая суб.	Вторая суб.
NDF	3 600 000	1 500 000	900000

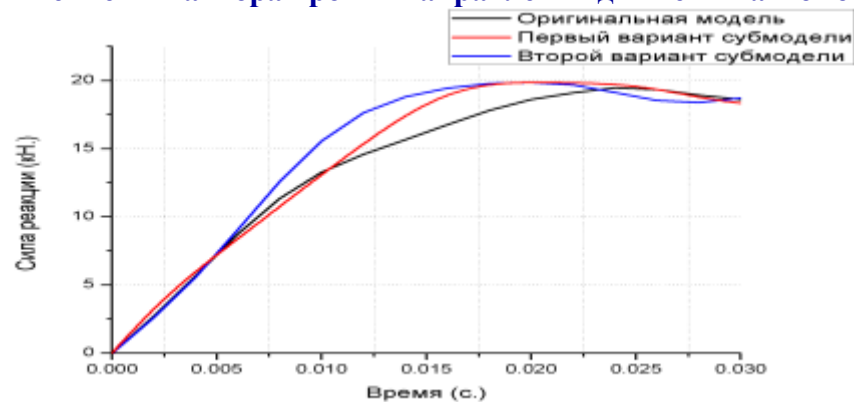
5. Оптимизация времени вычисления.

Тесты автопроизводителей.

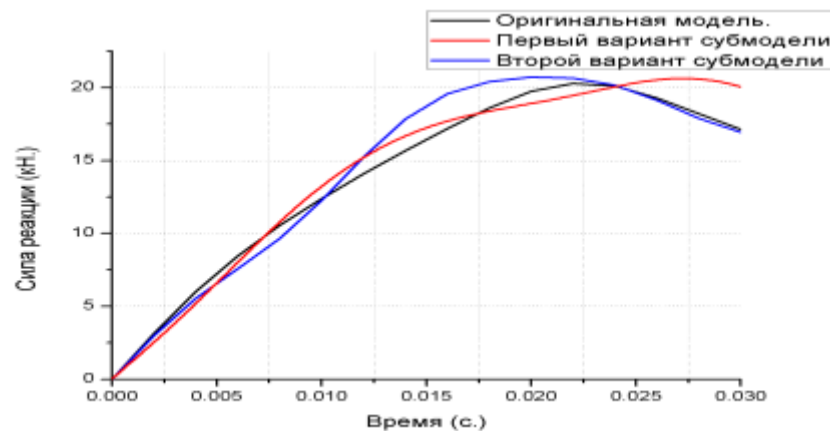
Различные варианты конечно элементных моделей в тестах автопроизводителей



Движение импактора против направления движения автомобиля



Движение импактора сонаправленно движению автомобиля

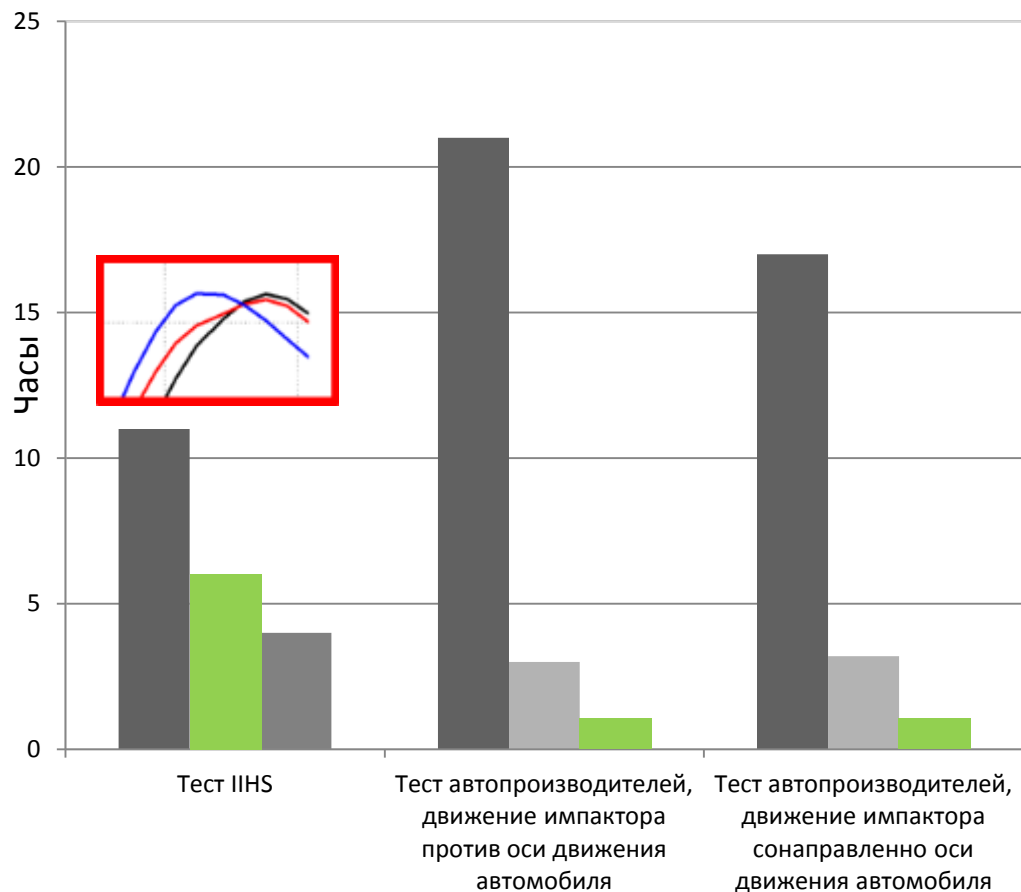


Вариант модели	Оригинальная	Первая суб.	Вторая суб.
NDF	3 600 000	700 000	350 000

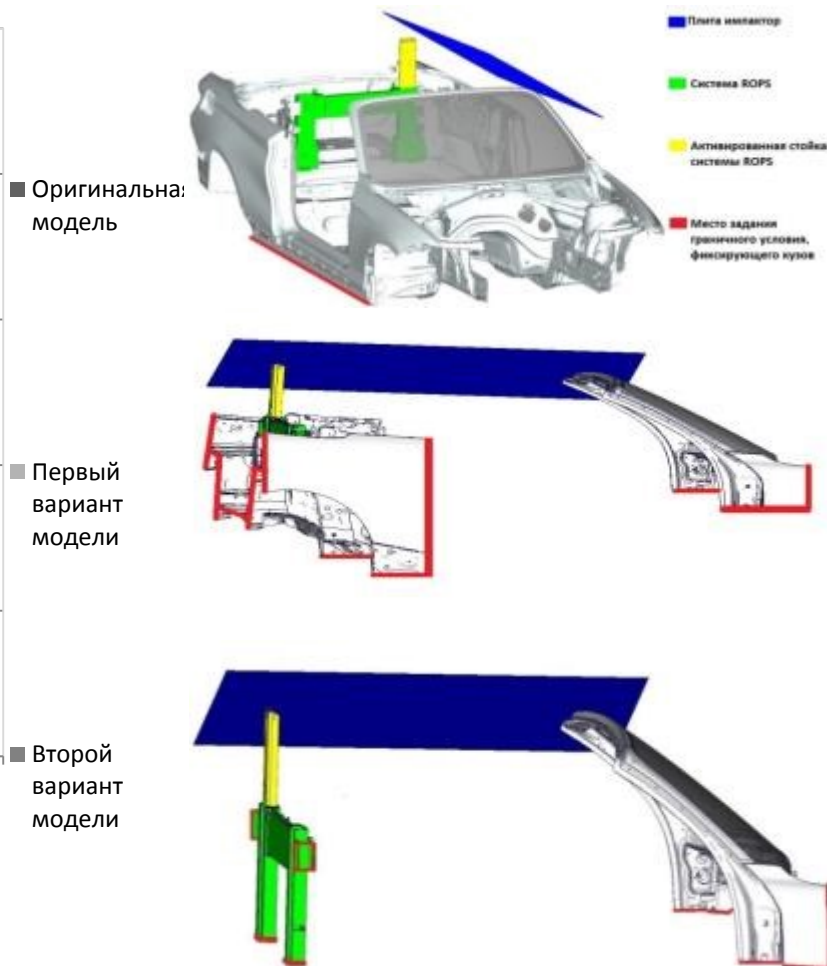
5. Оптимизация времени вычисления.

Итоги оптимизации времени вычисления.

Количество часов, потраченное КЭ пакетом программ на решение модели



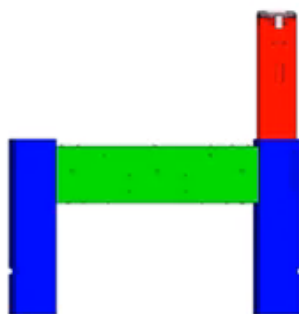
*Intel core i7 4x 3.6ГГц, 16ГБ ОЗУ



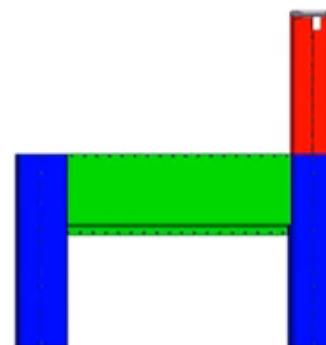
6. Серия модификаций конструкции ROPS.

Вид оригинальной и модифицированной системы.

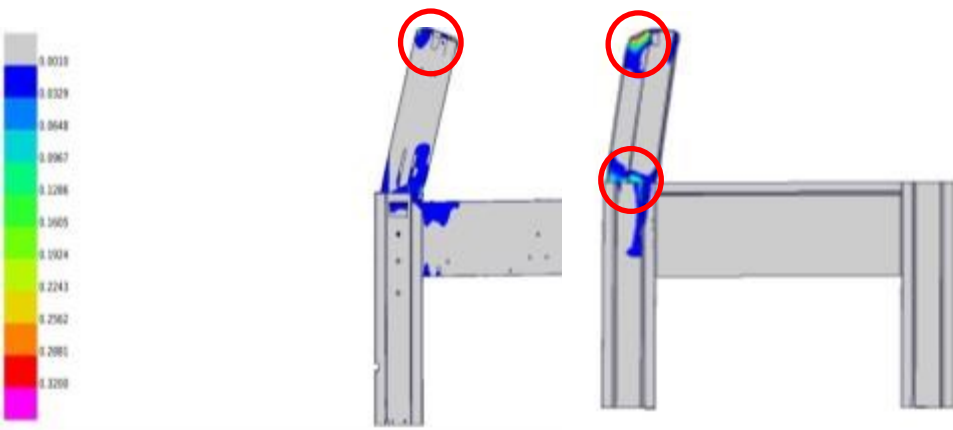
Вид оригинальной литой системы



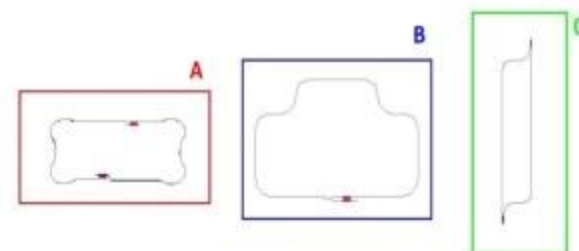
Вид модифицированной листовой системы



Сравнение полей пластической деформации оригинальной литой и алюминиевой листовой конструкции после теста IHS



Поперечные сечения деталей модифицированной системы

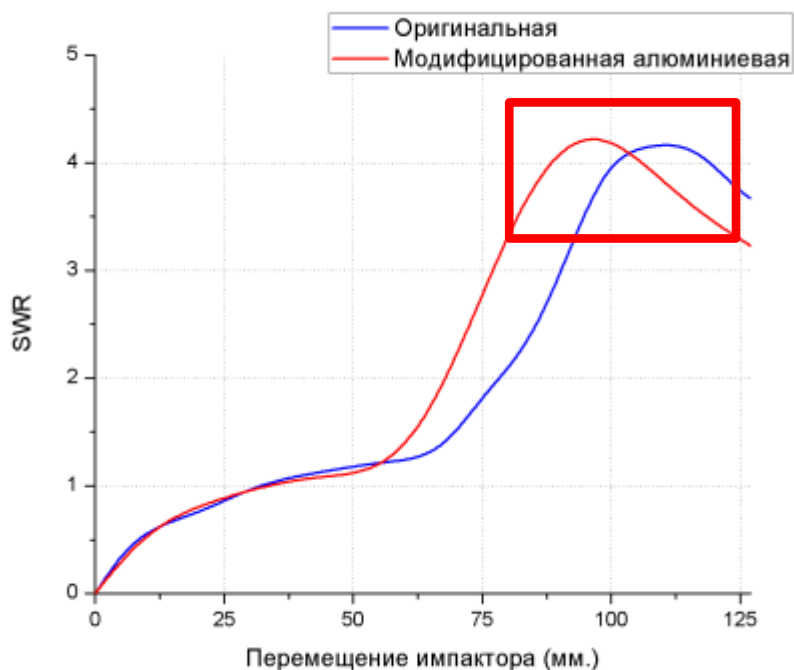


Толщины: A 3.6мм. B 4.6мм. 2.7мм.

6. Серия модификаций конструкции ROPS.

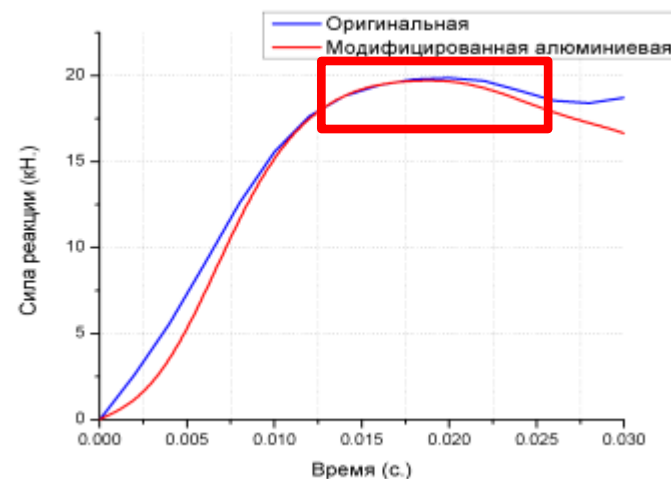
Сравнение оригинальной литой и листовой алюминиевой системы

Сравнение результатов теста ИИНС

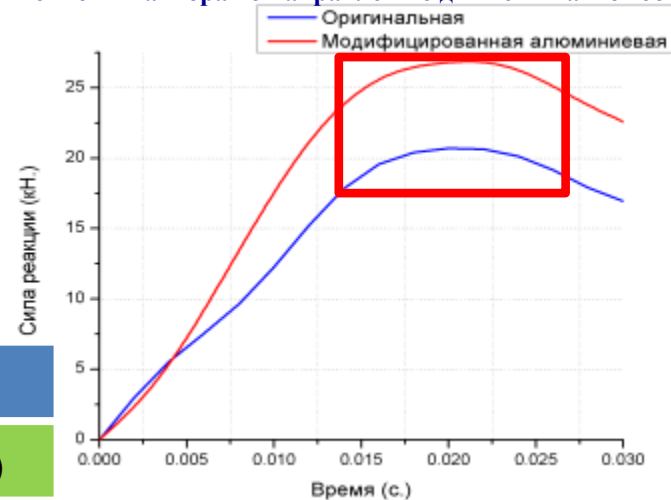


Тесты автопроизводителей

Движение импактора против направления движения автомобиля



Движение импактора по направлению движения автомобиля

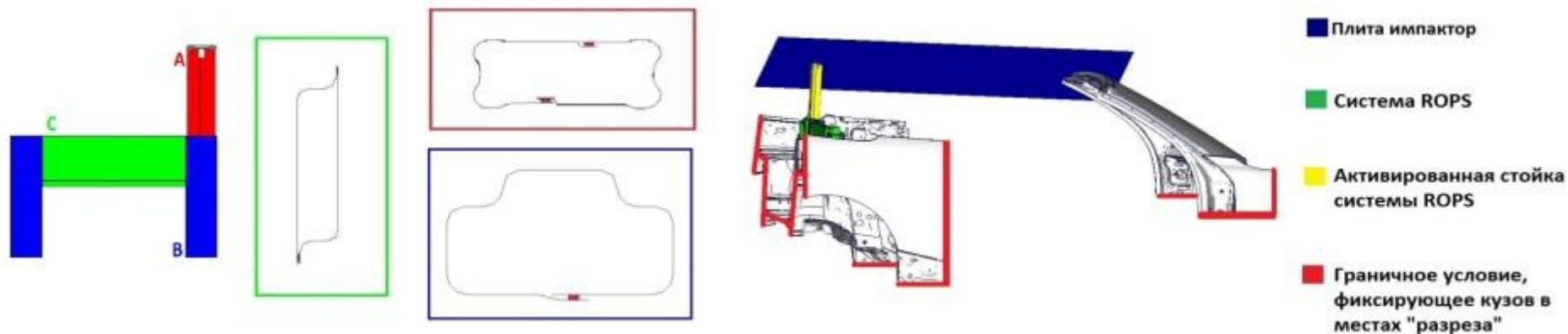


	ИИНС	Автопроизводителей	Масса
Разница (%)	< 1	-1	+24
			+7(+0.5кг)

6. Серия модификаций конструкции ROPS.

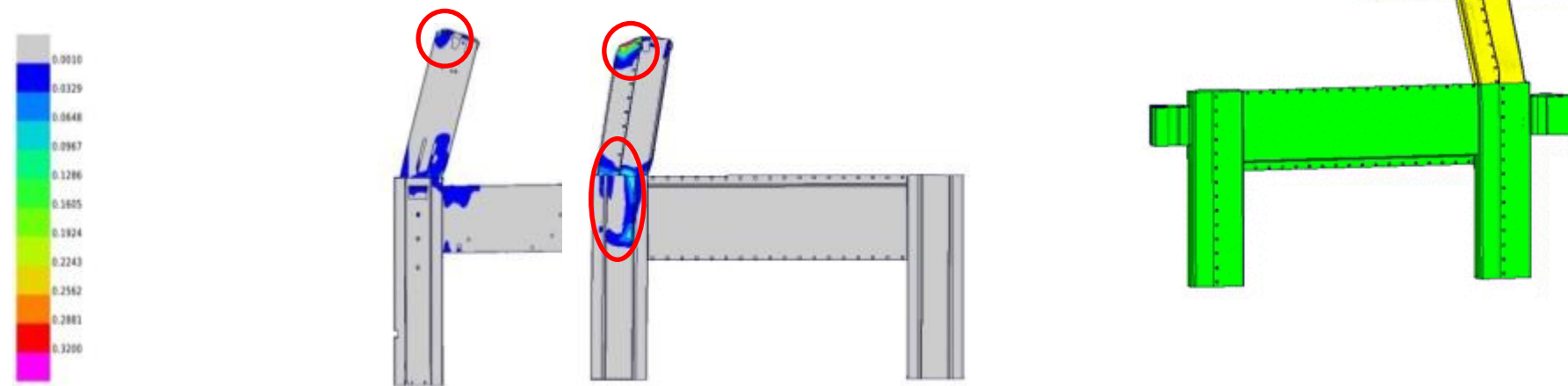
Тест IHS и тест автопроизводителей для первого варианта стальной листовой конструкции

Тест IHS



Толщины: **A 1.7мм.** **B 1.7мм.** **C 0.9мм.**

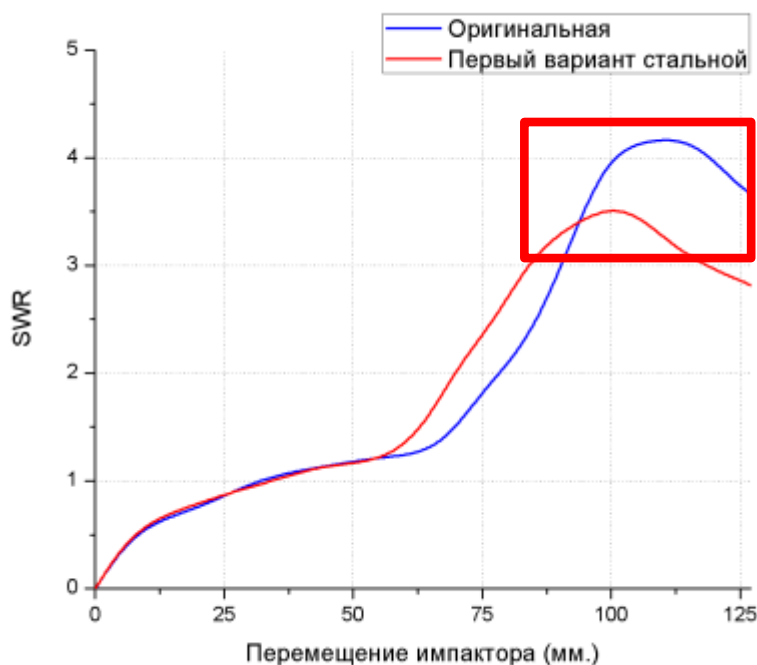
*Сравнение полей пластической деформации
оригинальной литой и первого варианта стальной
листовой конструкции после теста IHS*



6. Серия модификаций конструкции ROPS.

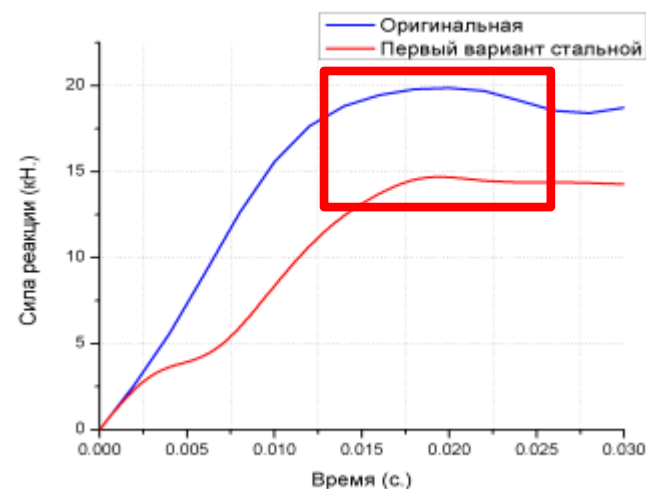
Сравнение оригинальной литой и модифицированной листовой стальной системы

Сравнение результатов теста ИИС

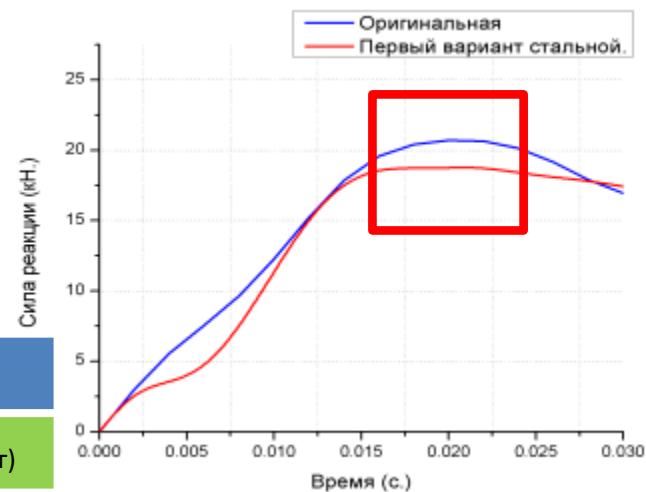


Тесты автопроизводителей

Движение импактора против направления движения автомобиля



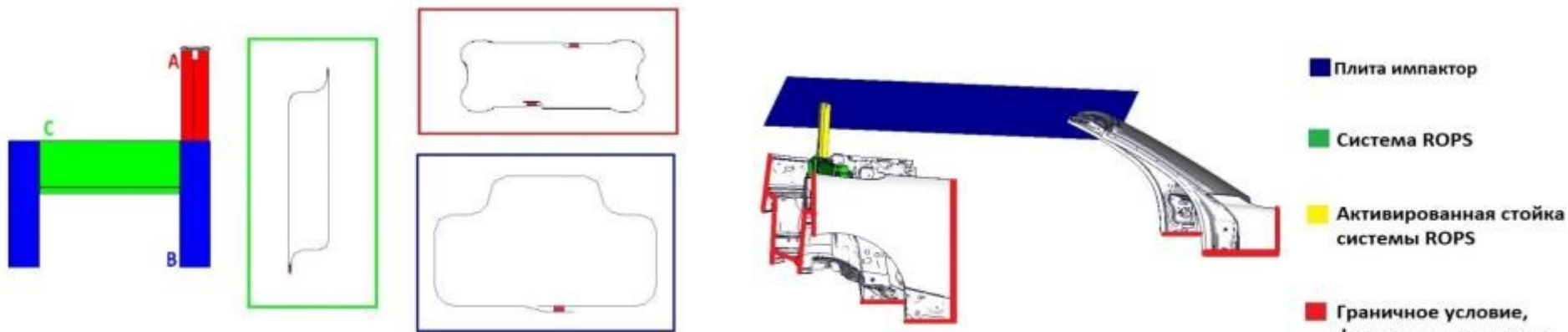
Движение импактора по направлению движения автомобиля



	ИИС	Автопроизводителей	Масса
Разница (%)	-17	-26	-13
			+13(+0.9кг)

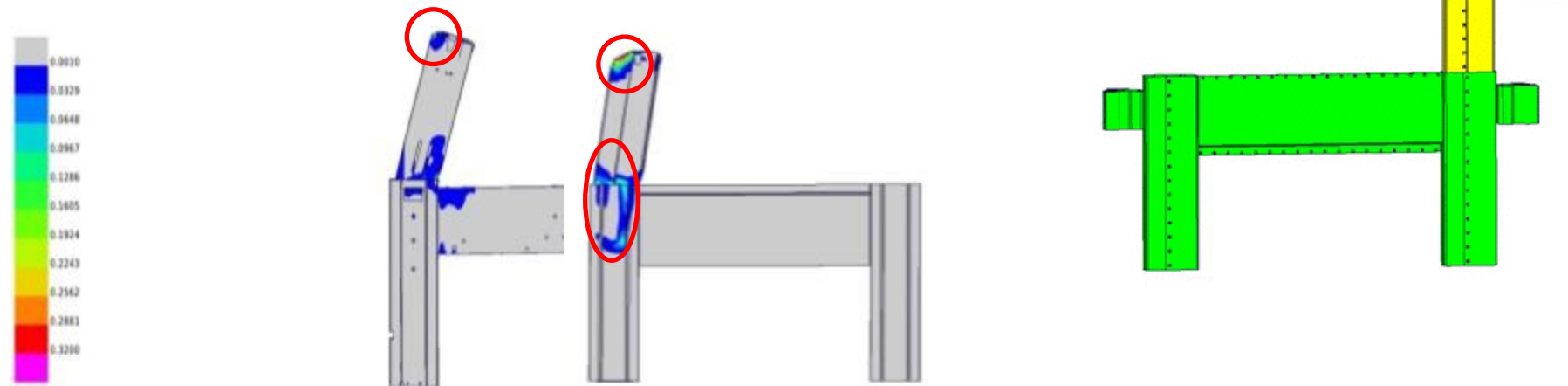
6. Серия модификаций конструкции ROPS.

Тест IHS и тест автопроизводителей для второго варианта стальной листовой конструкции



Толщины: **A 2.5мм.** **B 1.5мм.** **C 3мм.**

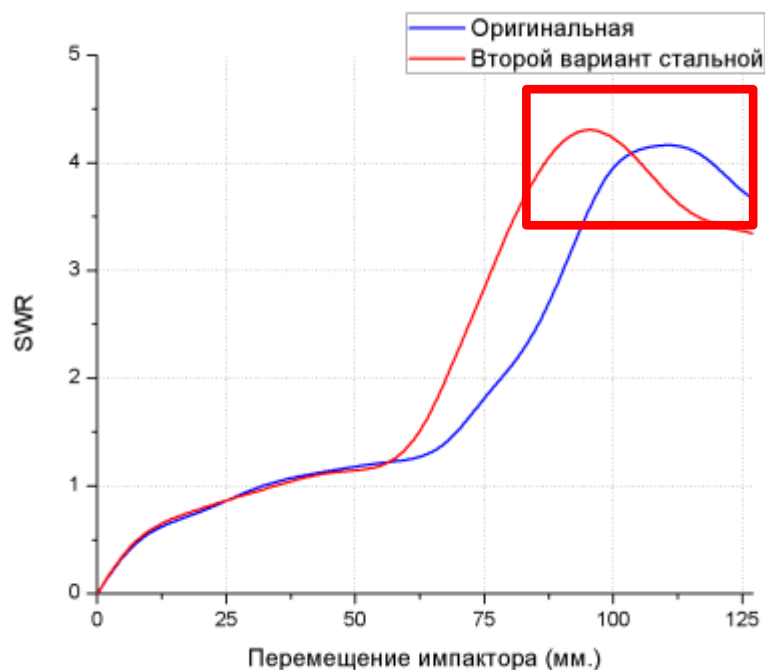
Сравнение полей пластической деформации оригинальной литой и второго варианта стальной листовой конструкции после теста IHS



6. Серия модификаций конструкции ROPS.

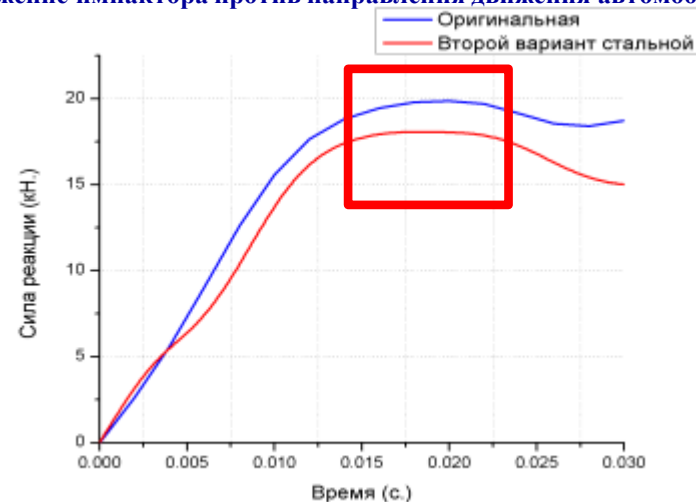
Сравнение оригинальной литой и модифицированной листовой стальной системы

Сравнение результатов теста ИИС

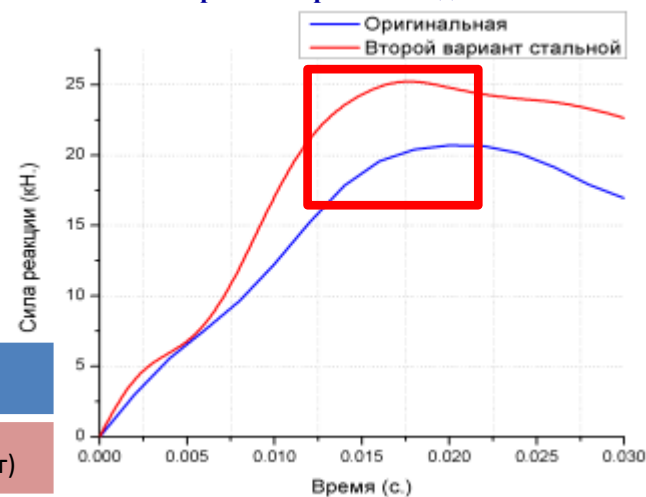


Тесты автопроизводителей

Движение импактора против направления движения автомобиля



Движение импактора по направлению движения автомобиля



	ИИС	Автопроизводителей	Масса
Разница (%)	+2	-9	+16
			+92 (+6.2кг)

7. Анализ результатов.

Критерии сравнения		Варианты конструкции			
		Алюминиевая литая (оригинальная)		Стальная листовая, первый вариант	Стальная листовая, второй вариант
Тест IHS	Оценка по тесту IHS (ед.)	4.2			
Тесты автопроизводителей	Движение импактора против направления движения автомобиля (кН.)	19.9			
	Движение импактора по направлению движения автомобиля (кН.)	21.7			
Масса конструкции (кг.)	-	6.9			
Толщины элементов (мм.)	A	2 - 7	3.6	1.7	2.5
	B	4 - 10	4.6	1.7	1.5
	C	3	2.7	0.9	3



Спасибо за внимание!

