



Выпускная работа бакалавра

Конечно-элементное моделирование и исследование тягово – сцепного устройства, заднего бампера автомобиля. Оптимизация конструкции.

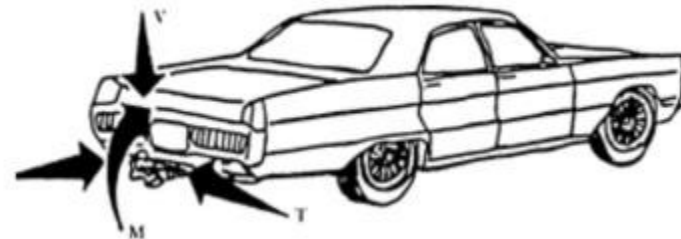
Направление: 151600 – Прикладная механика

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

Санкт – Петербург
2014

Содержание

- Введение
- Модельная задача.
- Постановка задачи. Методика проведения теста.
- Разработка конечно-элементной модели задней части автомобиля и тягово-сцепного устройства
- Результаты конечно-элементного моделирования и их анализ.
- Модернизация конструкции. Анализ результатов. Сравнение. Выводы.



Введение

Виды ТСУ

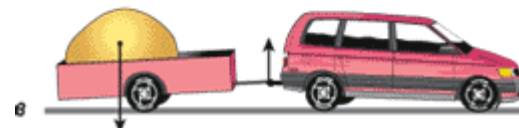
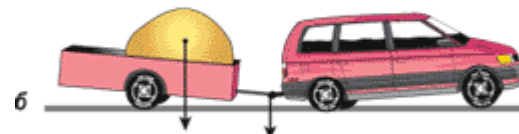
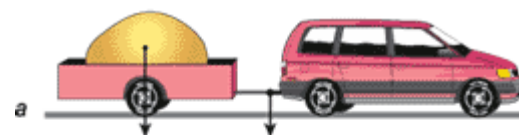
Со съёмным крюком и сцепным шаром	
Жестко зафиксированный на автомобиле	
Фланцевый (рассчитан под стандартные посадочные места)	

Модель ТСУ



Общие сведения

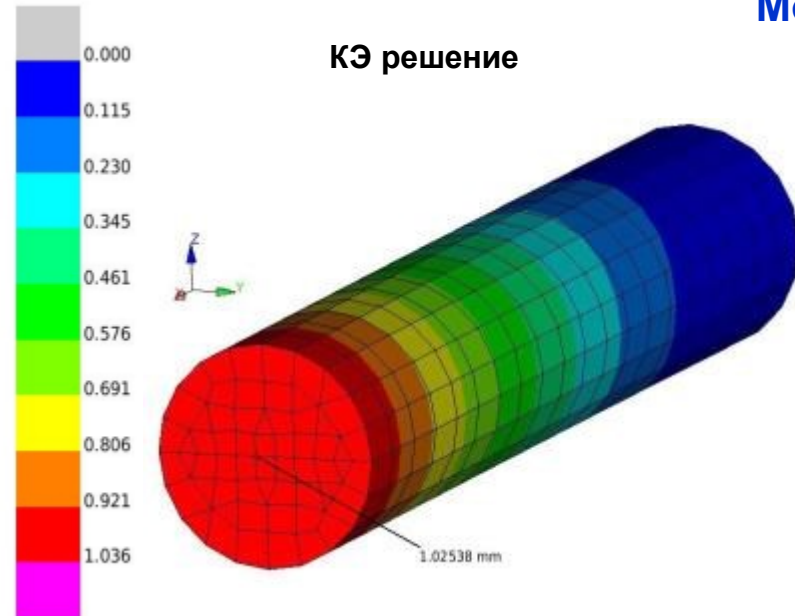
Максимальная конструктивная масса прицепа	3500 кг
Диаметр сцепного шара	50 мм
Метод крепления	К нижней задней части кузова легкового автомобиля
Расстояние между центром шара и дорожным покрытием	От 350 до 420 мм
Минимальное расстояние между задним бампером и центром шара	65 мм



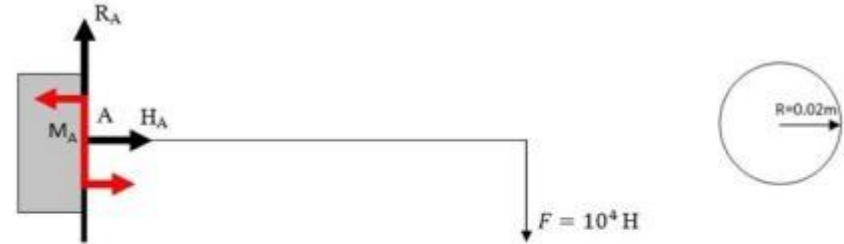
Перемещения, [мм]

Модельная задача

КЭ решение



Аналитическое решение

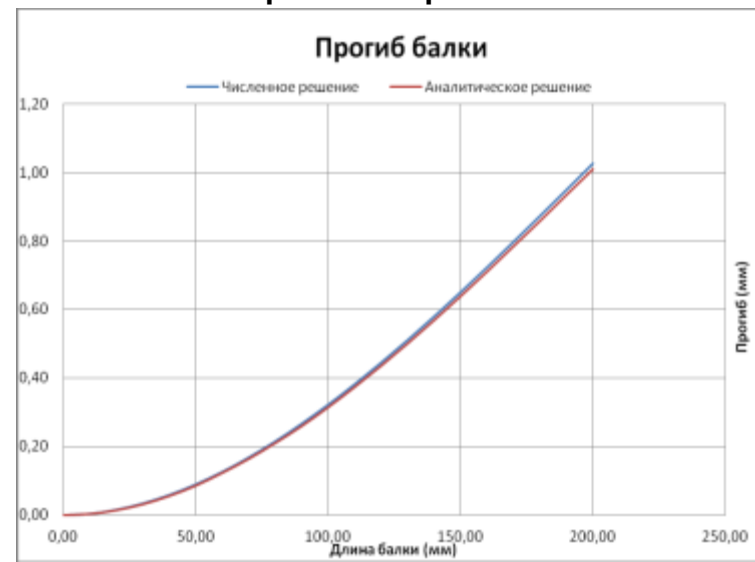


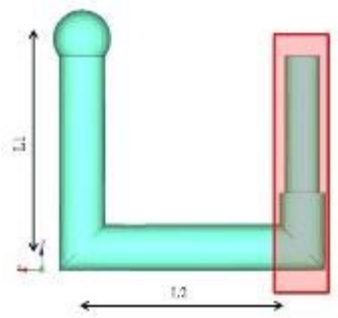
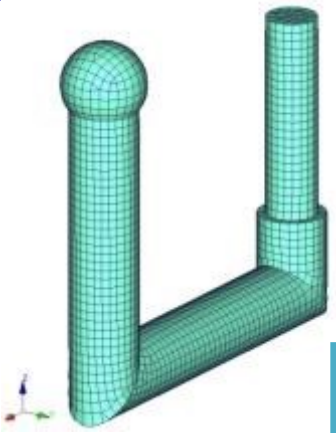
$$\begin{aligned}
 &1) H_A = 0 \\
 &2) R_A = 10^4 H \\
 &3) M_A = F \cdot 0.2 = 2000 H m \\
 &J = \frac{\pi \cdot R^4}{4} \\
 &y = \frac{M_A \cdot \frac{x^2}{2} - R_A \cdot \frac{x^3}{6}}{EI} = \frac{2000 \cdot \frac{x^2}{2} - 10^4 \cdot \frac{x^3}{6}}{210 \cdot 10^9 \cdot \frac{\pi \cdot 0.02^4}{4}} = 1.01 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Количество элементов	1200
Число узлов	1345
Число степеней свободы	4230

Сравнение решений

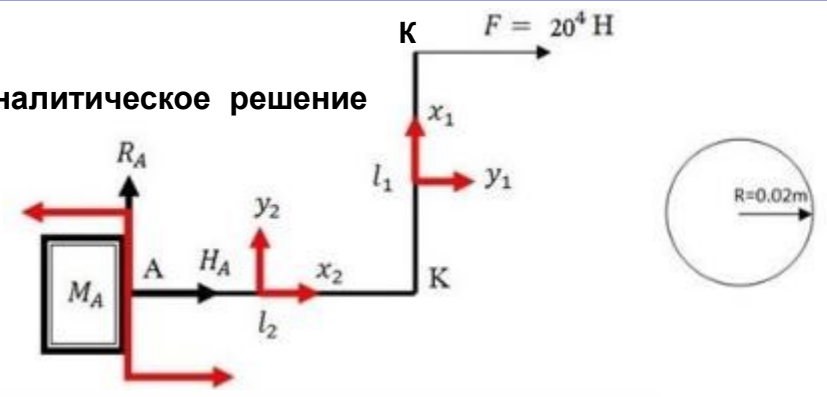
Кол-во узлов	Расхождение решений, %
1345	1.4
2513	1.2
3499	1.1
5624	0.9
7186	0.7





Количество элементов	14512
Число узлов	3440
Число степеней свободы	14133

Аналитическое решение



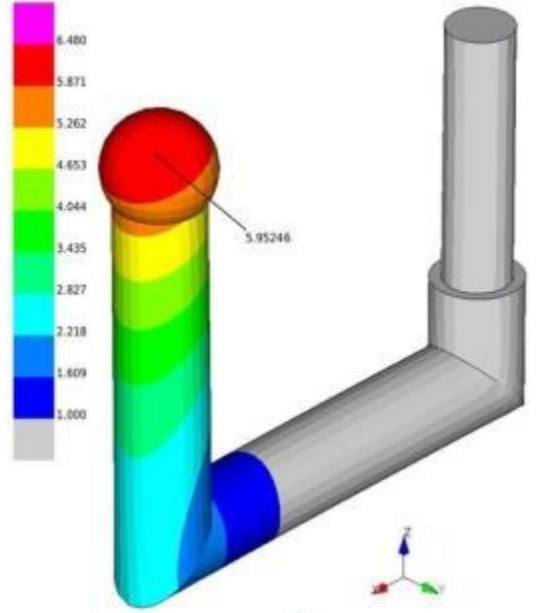
$$f_{\text{верт}} = \frac{1}{EJ_z} \left[\int_0^{l_1} M_{x_1} \frac{\partial M_{x_1}}{\partial F} \partial x_1 + \int_0^{l_2} M_{x_2} \frac{\partial M_{x_2}}{\partial F} \partial x_2 \right] = \frac{1}{EJ_z} \left[\frac{F l_1^3}{3} + F l_1^2 l_2 \right]$$

$$f_{\text{гор}} = \frac{1}{EJ_z} \left[\int_0^{l_1} M_{x_1} \frac{\partial M_{x_1}}{\partial F_y} \partial x_1 + \int_0^{l_2} M_{x_2} \frac{\partial M_{x_2}}{\partial F_y} \partial x_2 \right] = \frac{1}{EJ_z} \left[-\frac{F l_1 l_2^2}{2} \right]$$

$$f = \sqrt{f_{\text{верт}}^2 + f_{\text{гор}}^2}$$

КЭ решение

Суммарные перемещения, [мм]

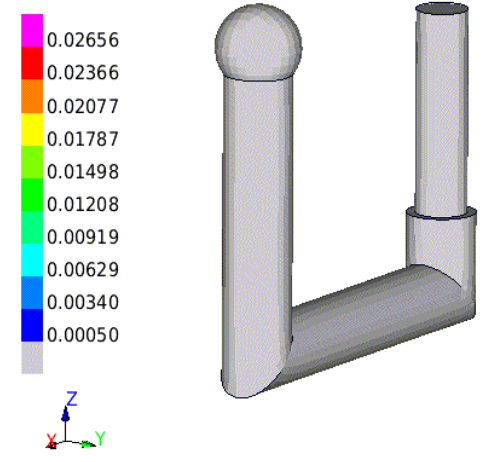


Сравнение решений

	Решение численное	Решение аналитическое	Расходимость решений
Прогиб по горизонтали, мм	-2,8	-3,03	5,6%
Прогиб по вертикали, мм	5,23	5,58	2,8%
Суммарный прогиб, мм	5,95	6,35	6,3%

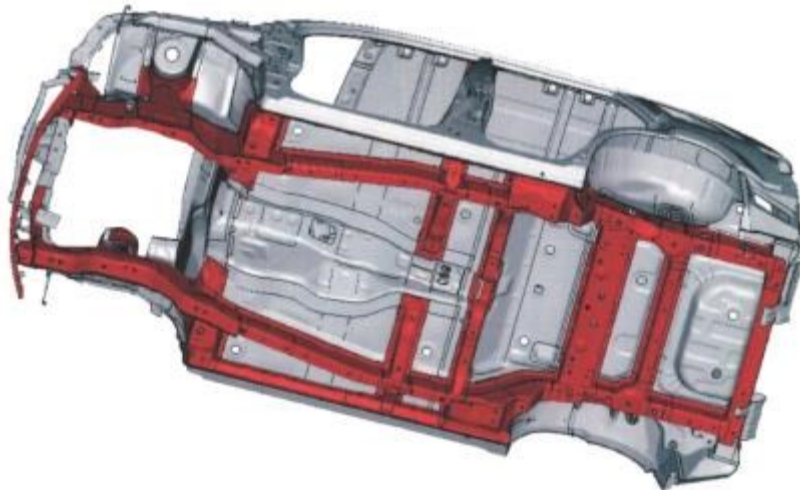
Исследование пластических деформаций

Эквивалентные пластические деформации, [-]

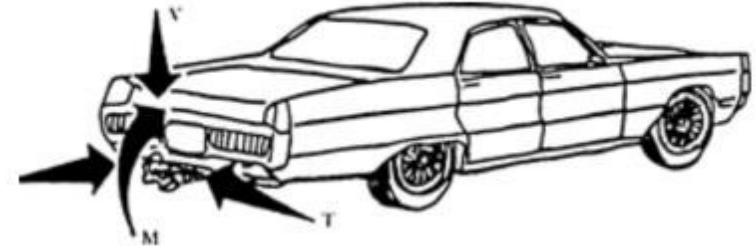


Постановка задачи.

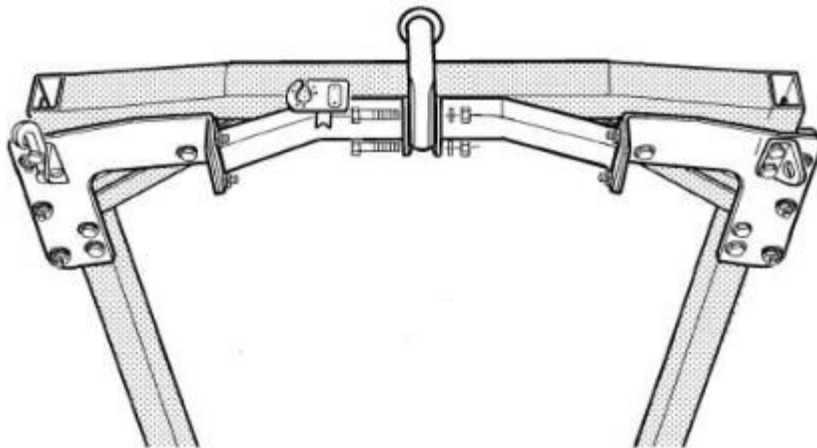
Рама автомобиля



Тип нагружения.



Крепление ТСУ к лонжеронам

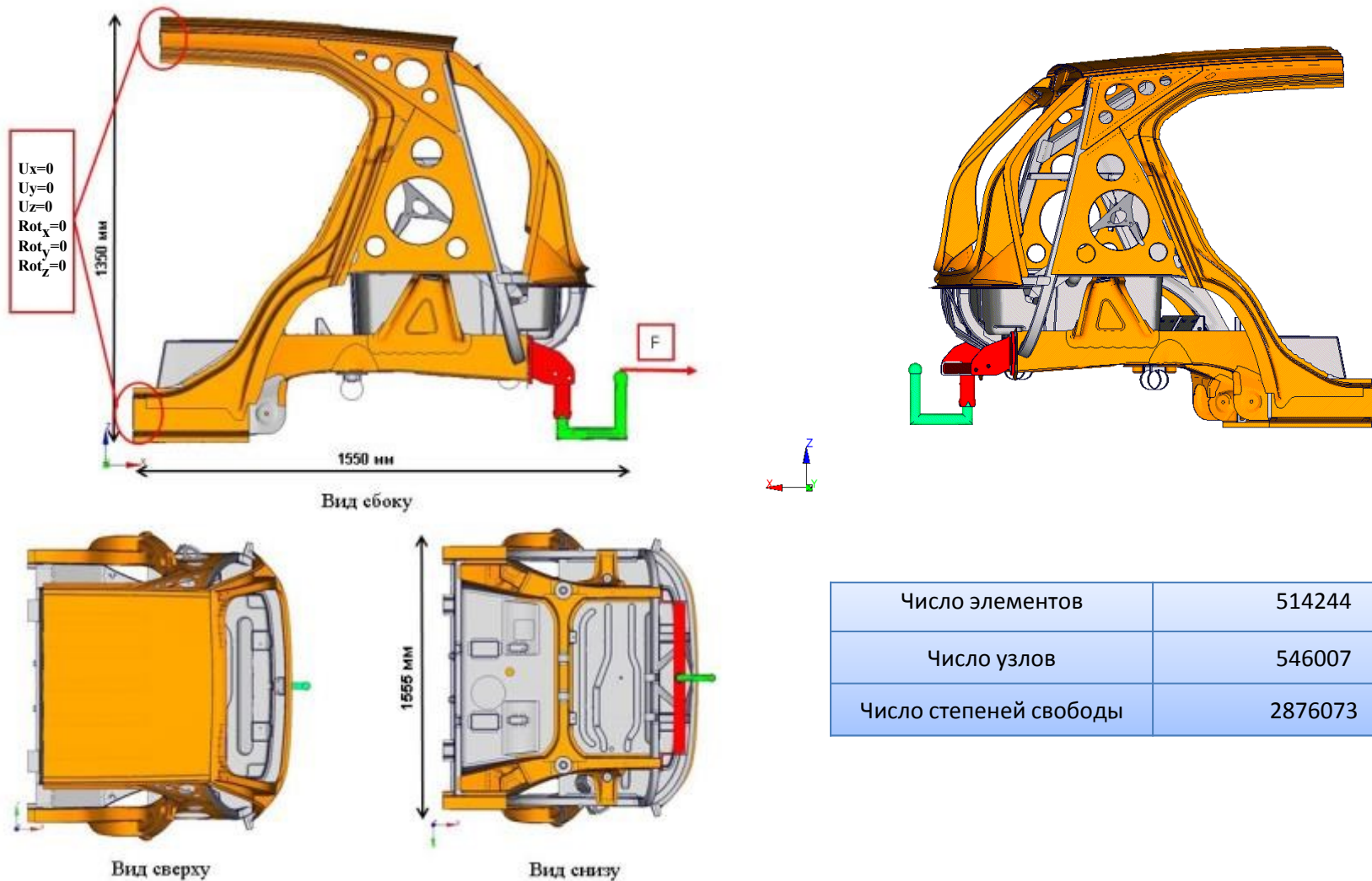


Величина и направление силы

Номер цикла	Ось действия силы	Величина силы, кН
1	Y	$F_y = -6,4$
2	Y	$F_y = 6,4$
3	Z	$F_z = -6,4$
4	Z	$F_z = 6,4$
5	X	$F_x = -19,1$
6	X	$F_x = 19,1$

Разработка конечно-элементной модели задней части автомобиля.



Геометрическая модель



Число элементов	514244
Число узлов	546007
Число степеней свободы	2876073

Физико-механические свойства материалов, используемых в модели задней части автомобиля

Распределение материалов в КЭ модели задней части автомобиля.

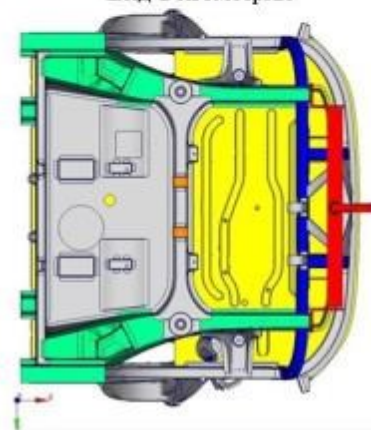
Цвет материала на рисунке	Название материала	Модуль Юнга E, МПа	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент Пуассона ν , -	Предельное удлинение, %	Предел текучести σ , МПа
	ST3700_G	$2.07 \cdot 10^5$	7820	0.3	21	370
	HC260LA	$2.1 \cdot 10^5$	7800	0.3	26	260
	DC04	$2.1 \cdot 10^5$	7800	0.3	37	210
	KU0015R	$2.1 \cdot 10^5$	7850	0.3	25	350
	H340LA	$2.1 \cdot 10^5$	7820	0.3	21	340
	H420LA	$2.1 \cdot 10^5$	7820	0.3	17	420



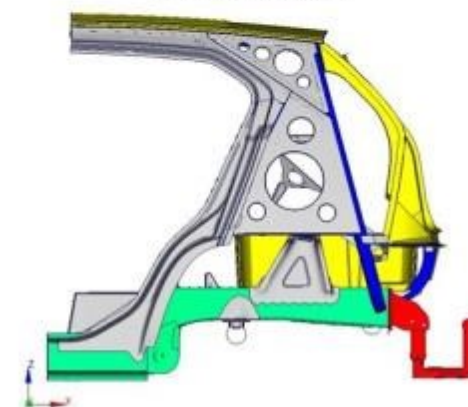
Вид в изометрии



Вид в изометрии



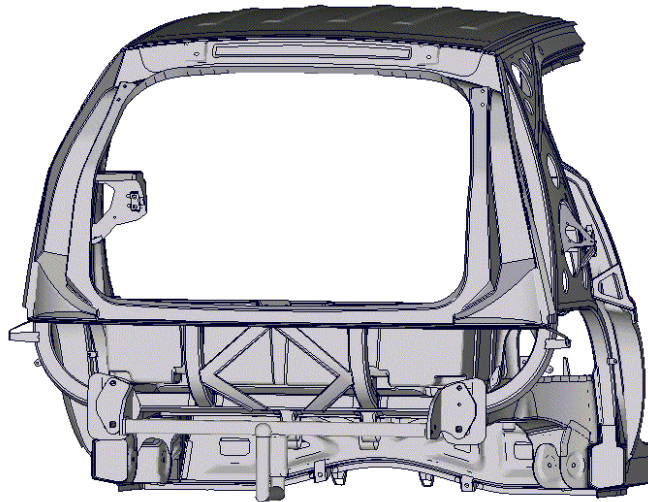
Вид снизу



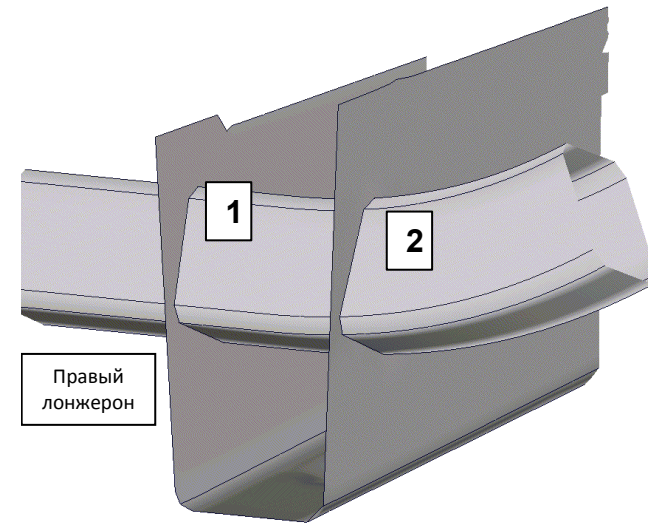
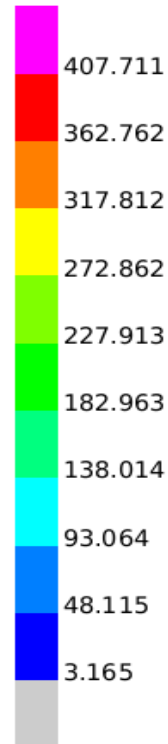
Вид слева

Результаты КЭ моделирования и их анализ.

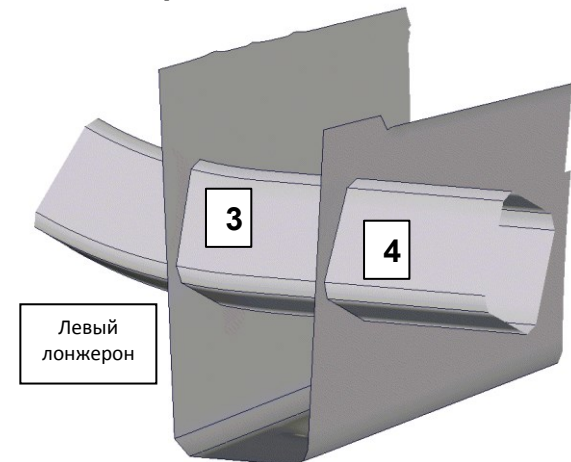
Распределение напряжений в модели. Общий вид.



Напряжение, [МПа]



Критические зоны.

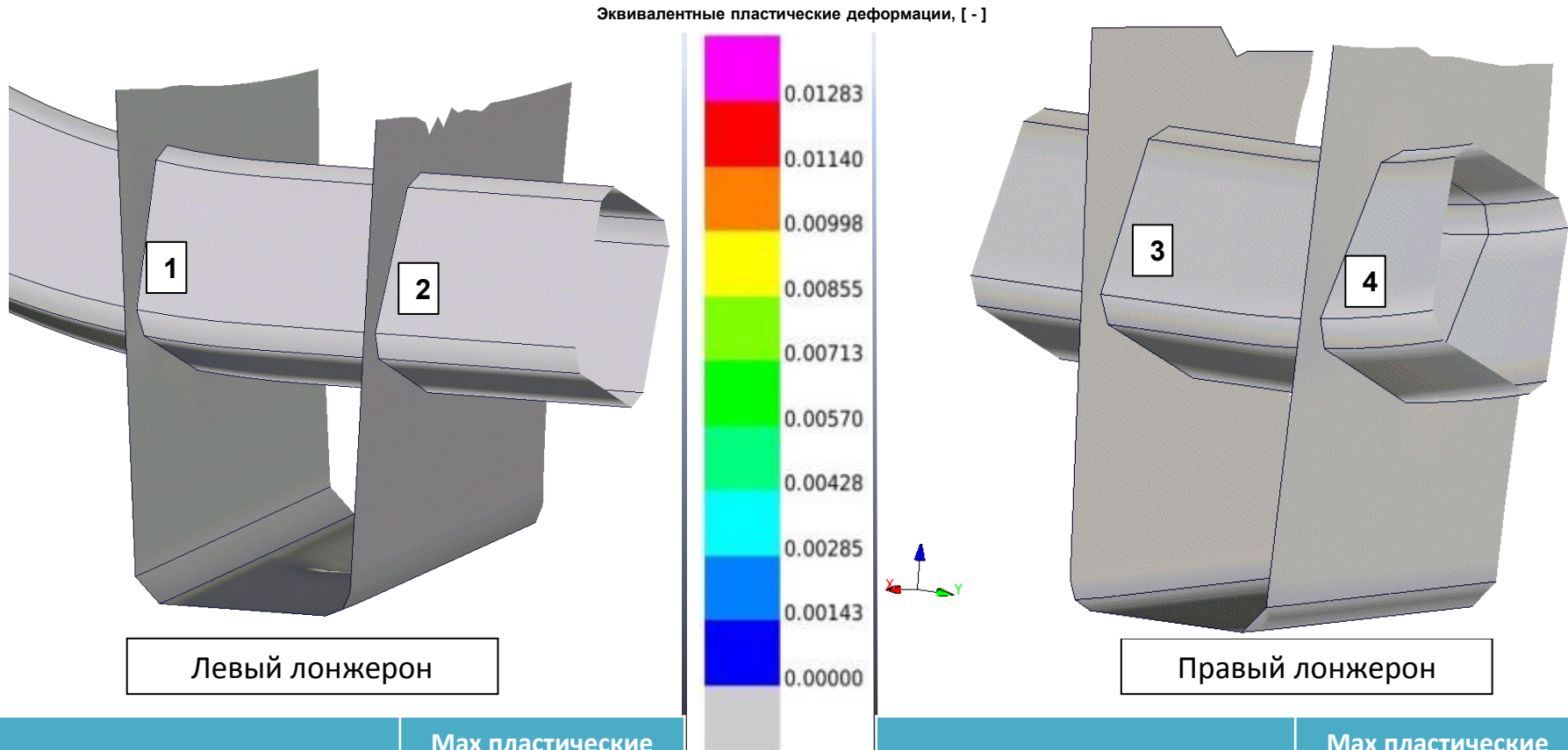


Критическая зона		Напряжения, МПа
Правый лонжерон	1	407
	2	393
Левый лонжерон	3	393
	4	388



Результаты КЭ моделирования и их анализ.

Распределение пластических деформаций в критических зонах.



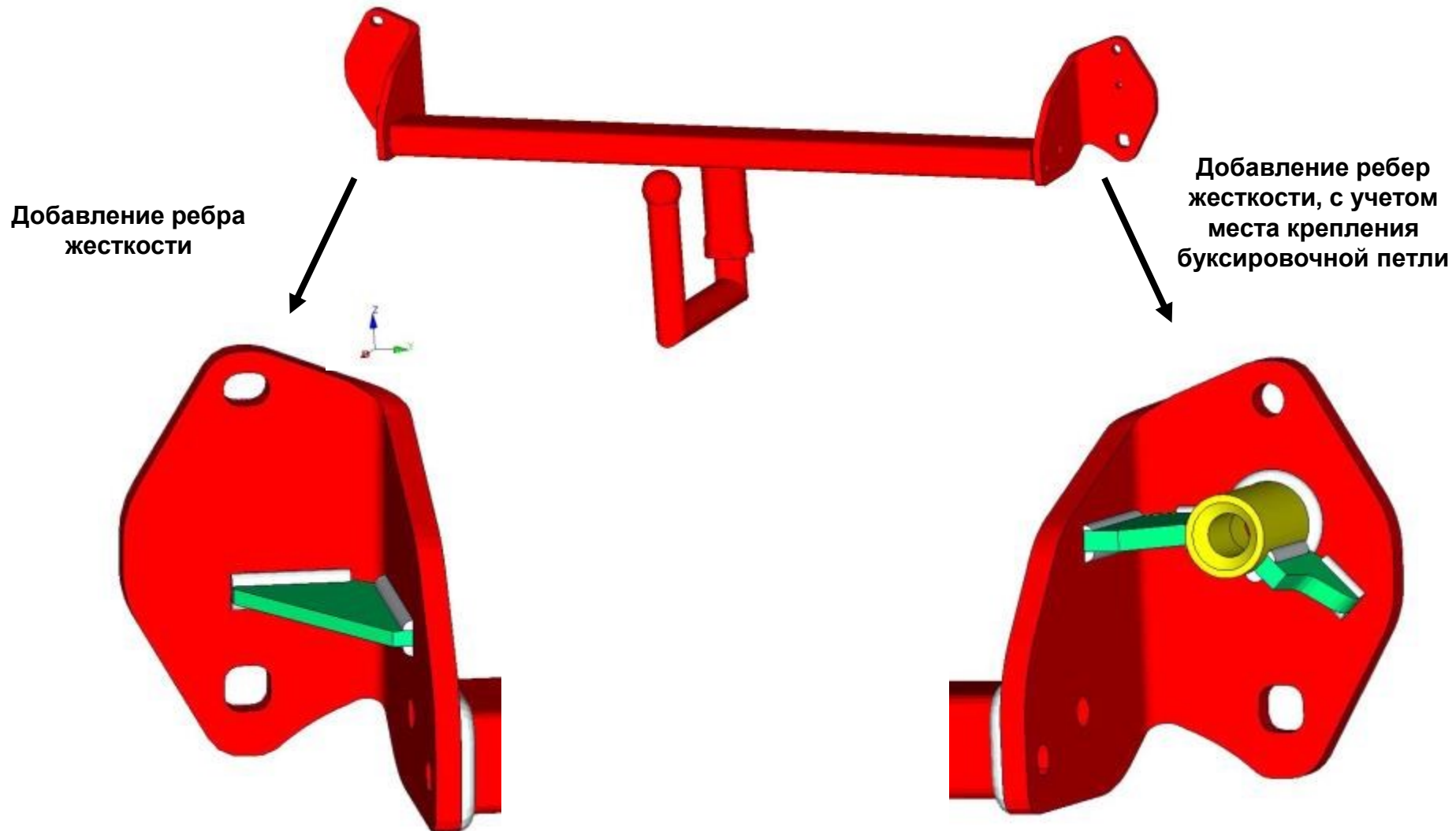
Левый лонжерон

Правый лонжерон

Критическая зона		Мах пластические деформации, %
Левый лонжерон	1	0,33
	2	0,39

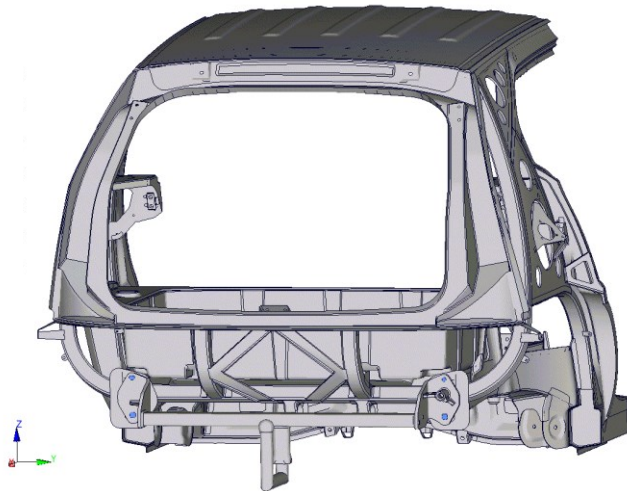
Критическая зона		Мах пластические деформации, %
Правый лонжерон	3	1,28
	4	0,68

Оптимизация конструкции

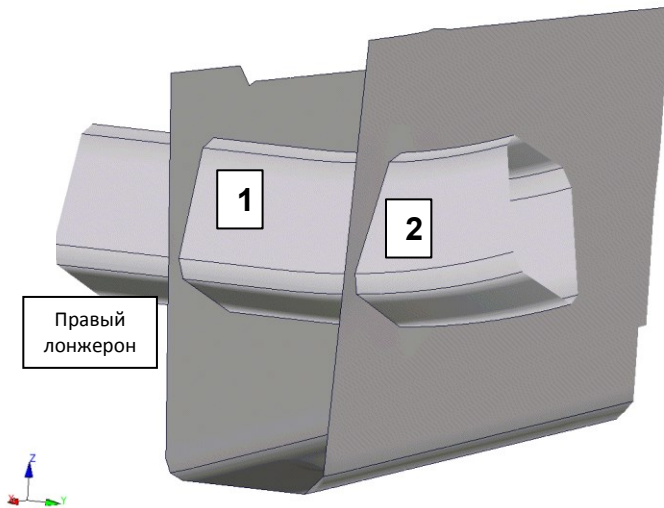
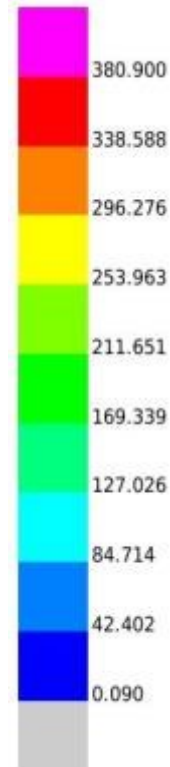


Результаты КЭ моделирования и их анализ.

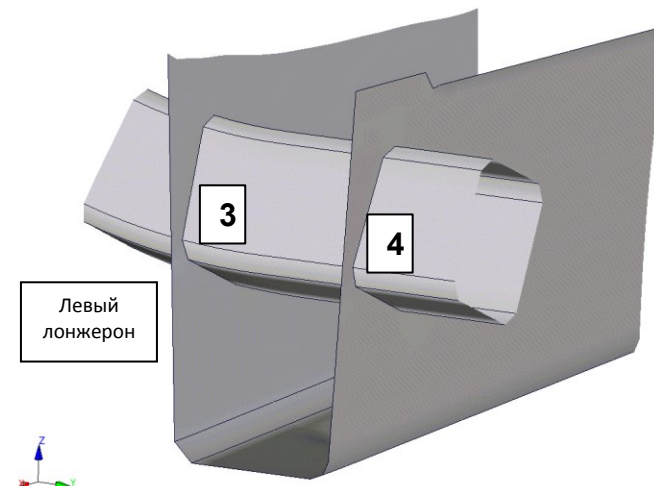
Распределение напряжений в модели. Общий вид.



Напряжение, [МПа]



Критические зоны.

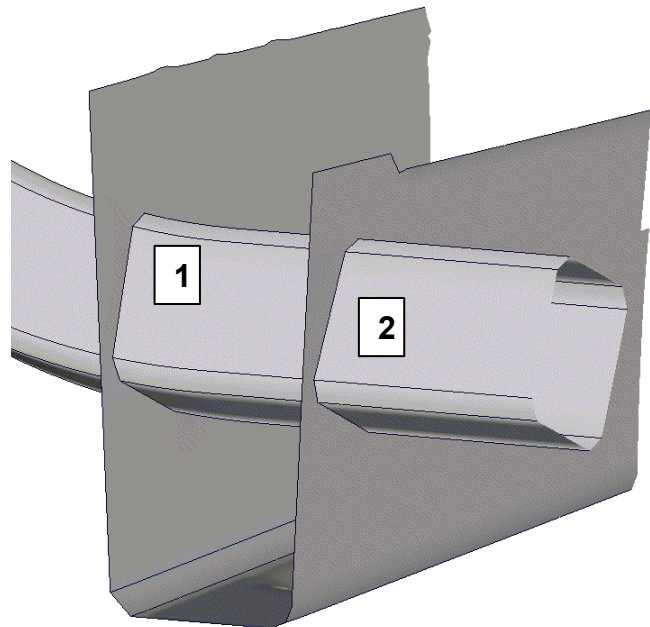


Критическая зона		Напряжения, МПа
Правый лонжерон	1	380
	2	173
Левый лонжерон	3	112
	4	101

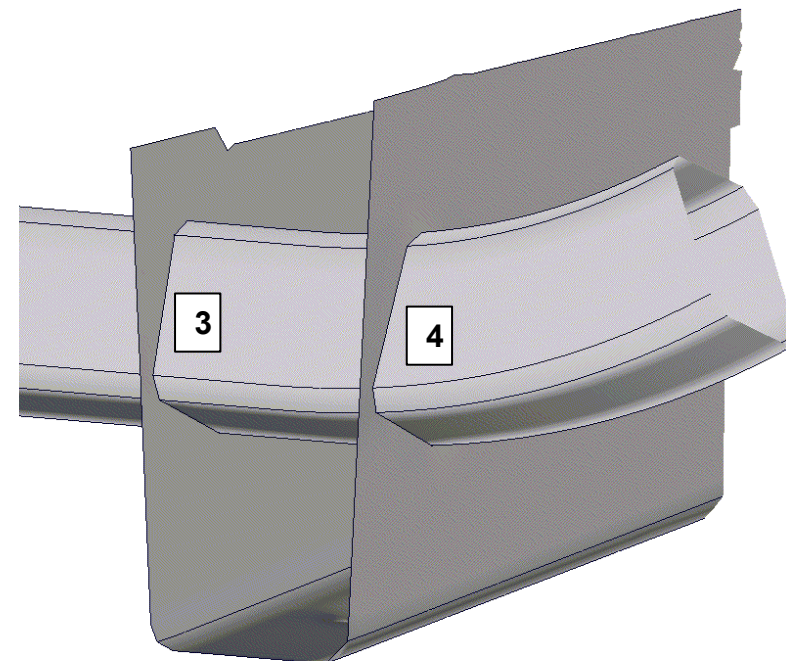
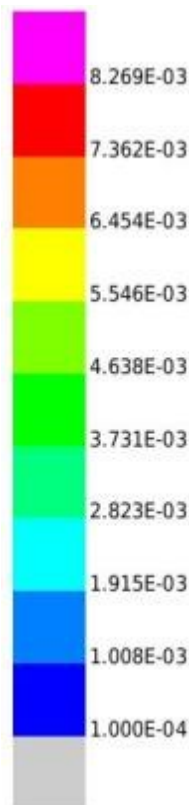
Результаты для модернизированной модели и их анализ.

Распределение пластических деформаций
 в критических зонах.

Эквивалентные пластические деформации, [-]



Левый лонжерон



Правый лонжерон

Критическая зона		Мах пластические деформации, %
Левый лонжерон	1	0,19
	2	0,31

Критическая зона		Мах пластические деформации, %
Правый лонжерон	3	0,83
	4	0,43

Анализ результатов

	Первоначальная конструкция		Модернизированная конструкция		Изменение результатов	
Значение максимальных напряжений в левом лонжероне, МПа	384	388	112	101	-71%	-74%
Значение максимальных напряжений в правом лонжероне, МПа	407	393	381	173	-7%	-66%
Значение пластической деформации в левом лонжероне, %	0,33	0,39	0,19	0,31	-42%	-21%
Значение пластической деформации в правом лонжероне, %	1,28	0,68	0,83	0,43	-45%	-37%

Заключение

✓ Решены модельные задачи и проведено сравнение с аналитическим решением

✓ Проведено изучение строения задней части кузова и ТСУ

✓ При построении конечно-элементной модели были смоделированы сварные точки, клеевые соединения и лазерная сварка.

✓ Был сформулирован метод исследования, приведены численные величины пластических деформаций в критических зонах конструкции.

✓ Были предложены варианты изменений конструкции и приведены результаты КЭ моделирования измененной модели.

✓ Был проведён анализ результатов пластических деформаций до и после внесения изменений в конструкцию. Сделаны выводы о практичности рассматриваемых изменений конструкции.

ANSA

ABAQUS
SIMULIA



Спасибо за внимание!