

Выпускная работа бакалавра техники и технологии

Тема: Конечно-элементное моделирование и исследование конструкции панорамной крыши автомобиля

Направление: 151600 – Прикладная механика

Выполнил студент гр. 43602/3 К.П. Артамонов

Руководитель, к.т.н., проф. А.И. Боровков

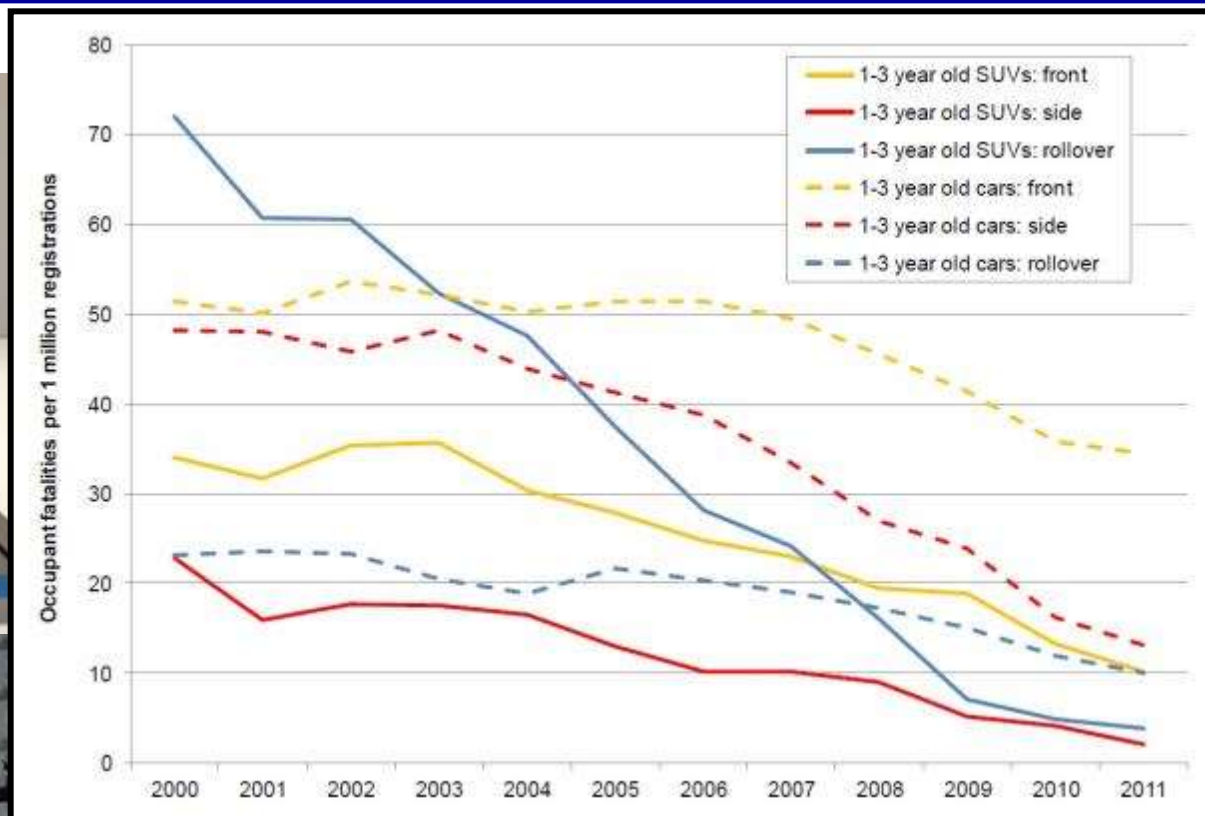
Соруководитель, О.И. Клявин

Санкт-Петербург
2014

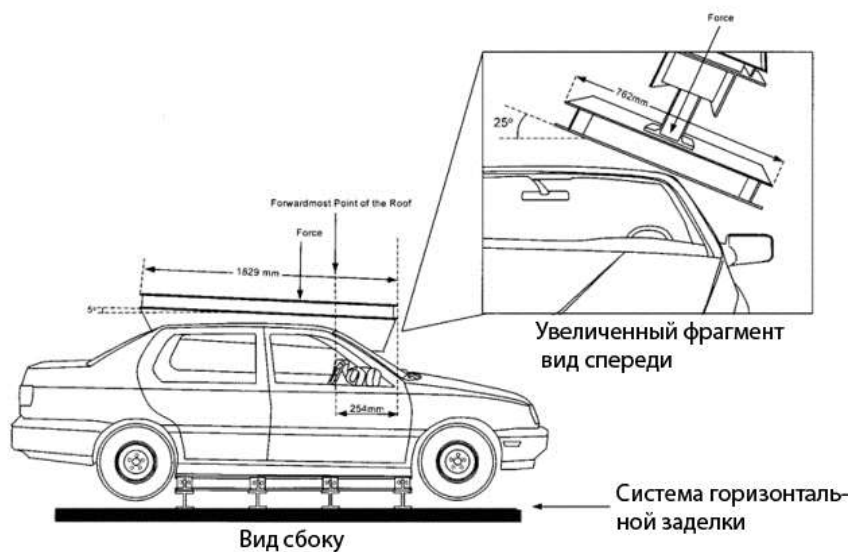
Содержание

- Введение
- Описание теста IIHS на опрокидывание автомобиля
- Модельная задача
- Моделирование краш-теста IIHS на опрокидывание автомобиля
- Исследование конструкции панорамной крыши
- Выводы

INSURANCE INSTITUTE
FOR HIGHWAY SAFETY



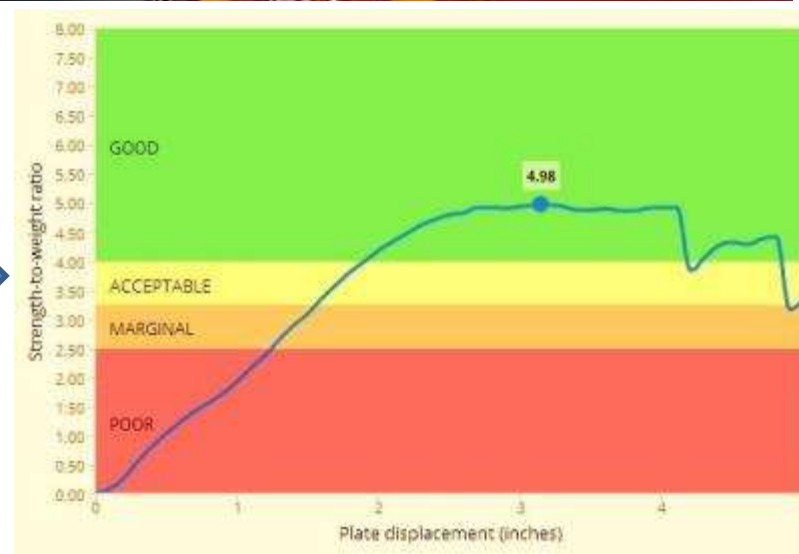
Краш-тест IHS на опрокидывание автомобиля



Условие закрепления и
нагрузки автомобиля

Зависимость SWR от
перемещения плиты на
примере BMW F30

Крыша прогибается на 127мм



Панорамная крыша

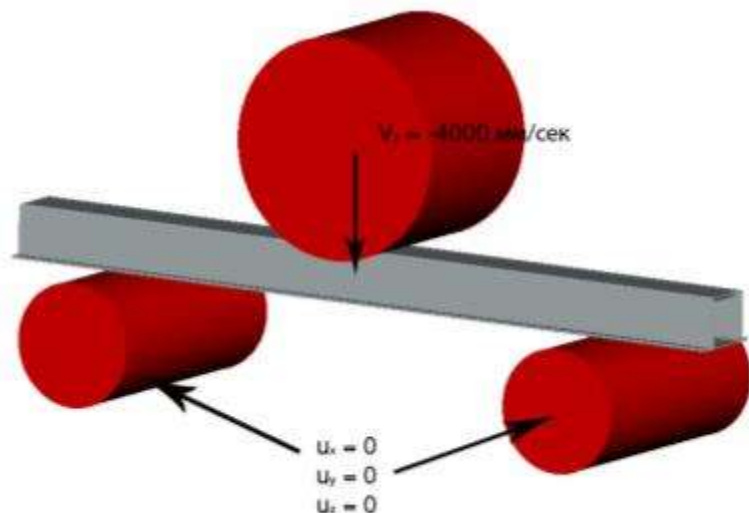
Составные части конструкции панорамной крыши



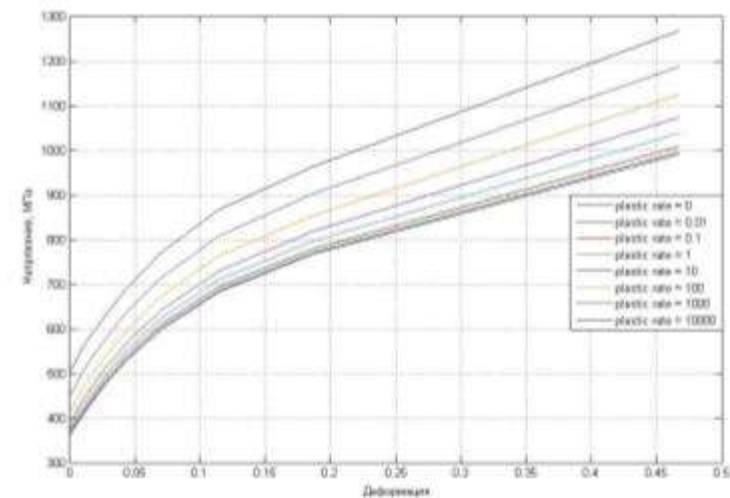
Пример конструкции с панорамной крышей



Задача изгиба балки п-образного сечения с использованием упруго-пластической модели материала

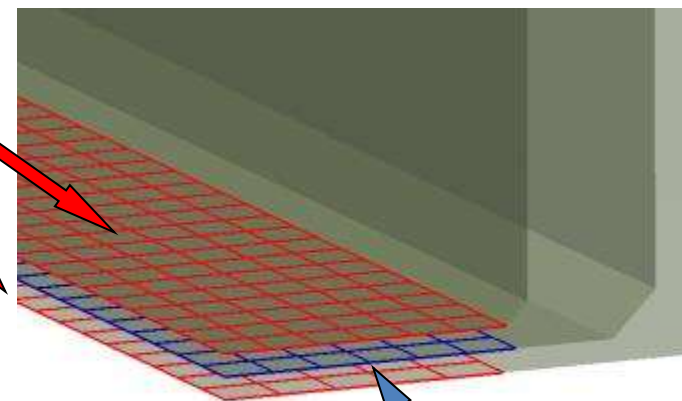


Упруго-пластическая модель стали DP590



Ответная поверхность

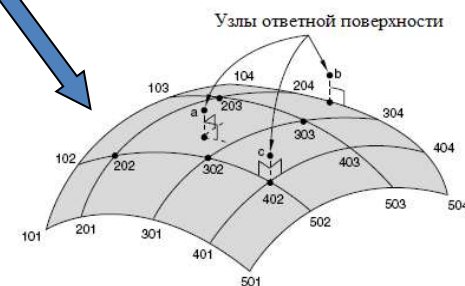
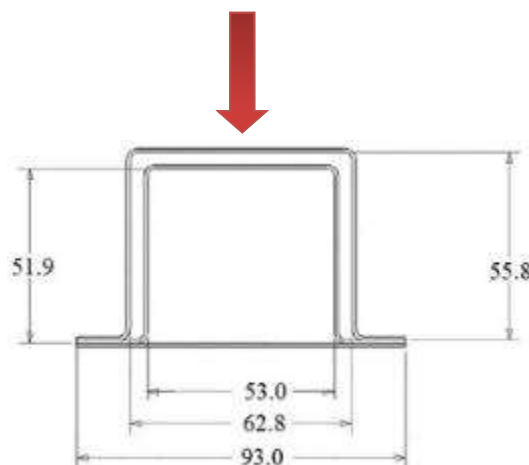
Для соединения стальных секций использовался связанный контакт



Математическая модель контакта

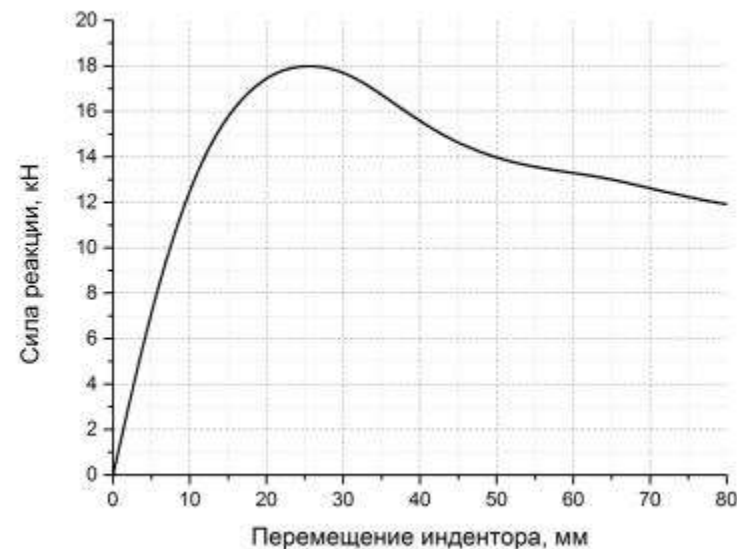
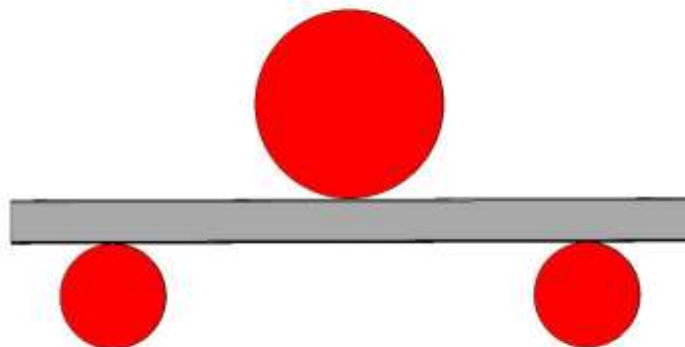
Основная поверхность

Профиль образца

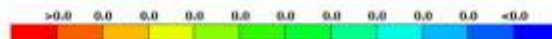
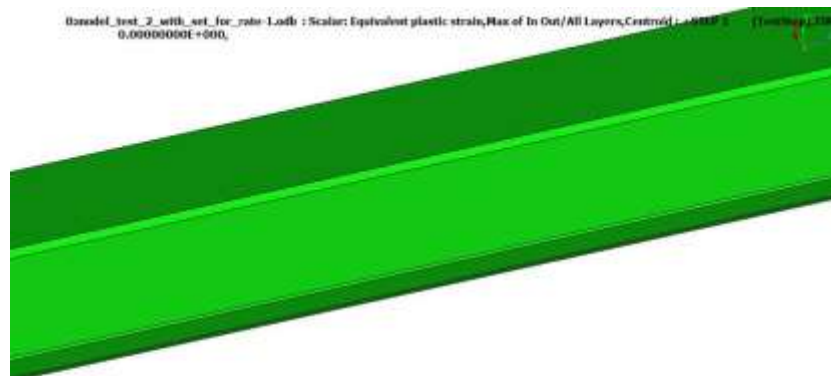


Конечно-элементное решение

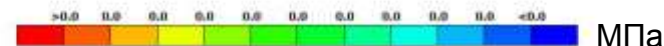
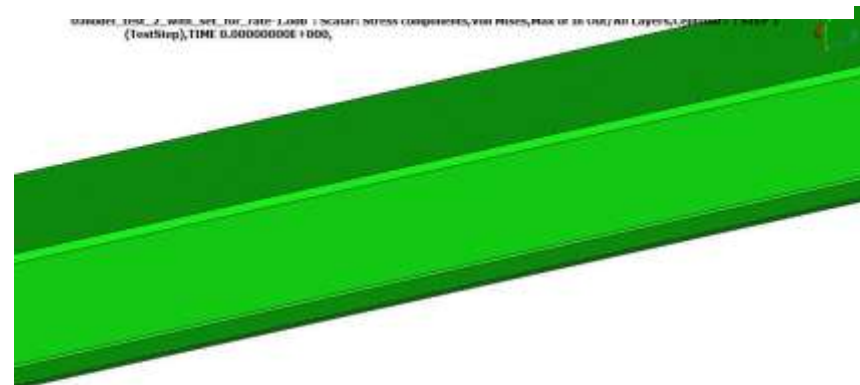
0xmodel_test_2_with_set_for_rate-1.cdb : STEP 1 {TestStep},TIME 0.00000000E+000,



0xmodel_test_2_with_set_for_rate-1.cdb : Scalar: Equivalent plastic strain,Max of In Out/All Layers,Centroid, : STEP 1 {TestStep},TIME 0.00000000E+000,

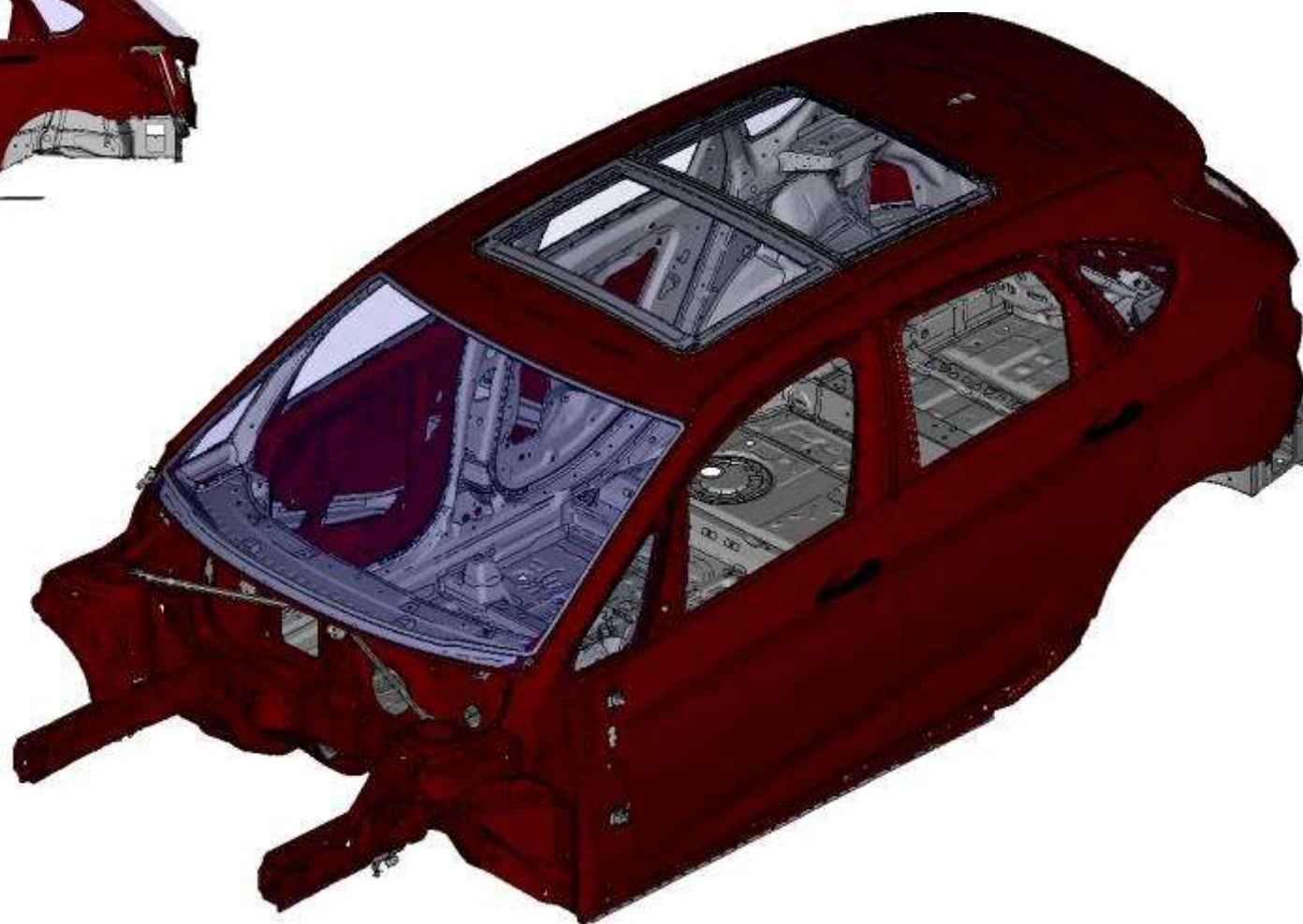
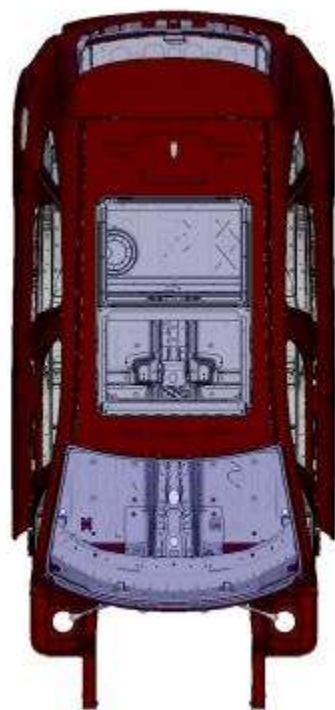


0xmodel_test_2_with_set_for_rate-1.cdb : Scalar: Stress components, von Mises,Max of In Out/All Layers,Centroid, : STEP 1 {TestStep},TIME 0.00000000E+000,



МПа

Моделирование краш-теста ИHS на опрокидывание автомобиля с панорамной крышей



Конечно-элементная постановка

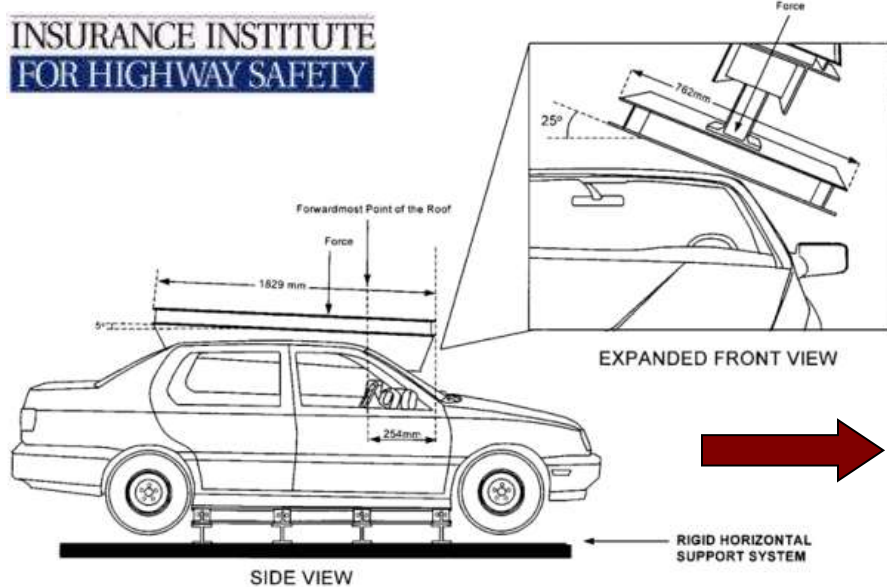
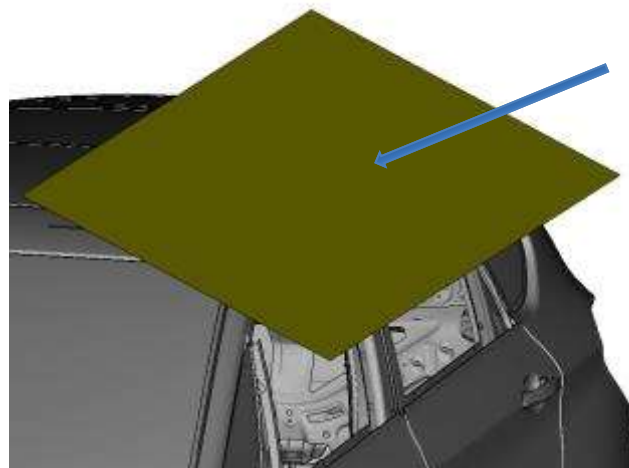
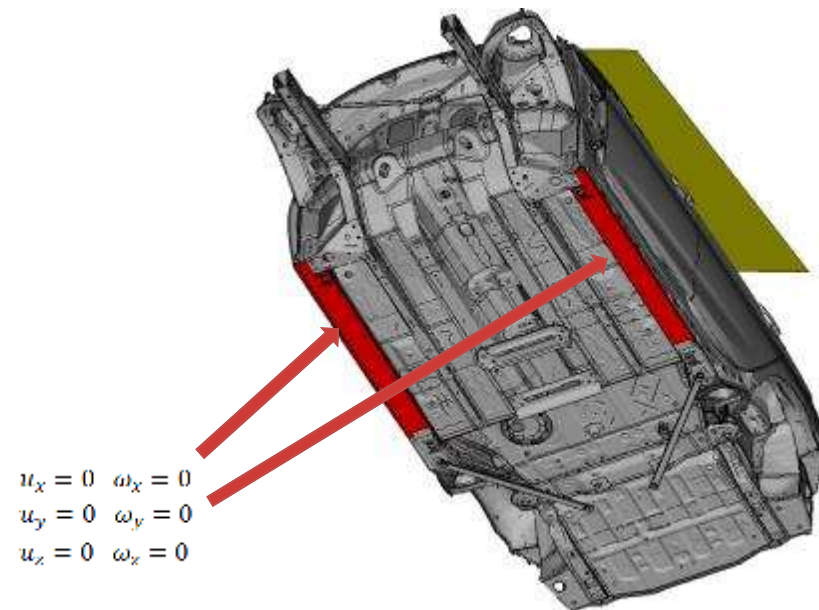


Figure 1. Test Device Orientation

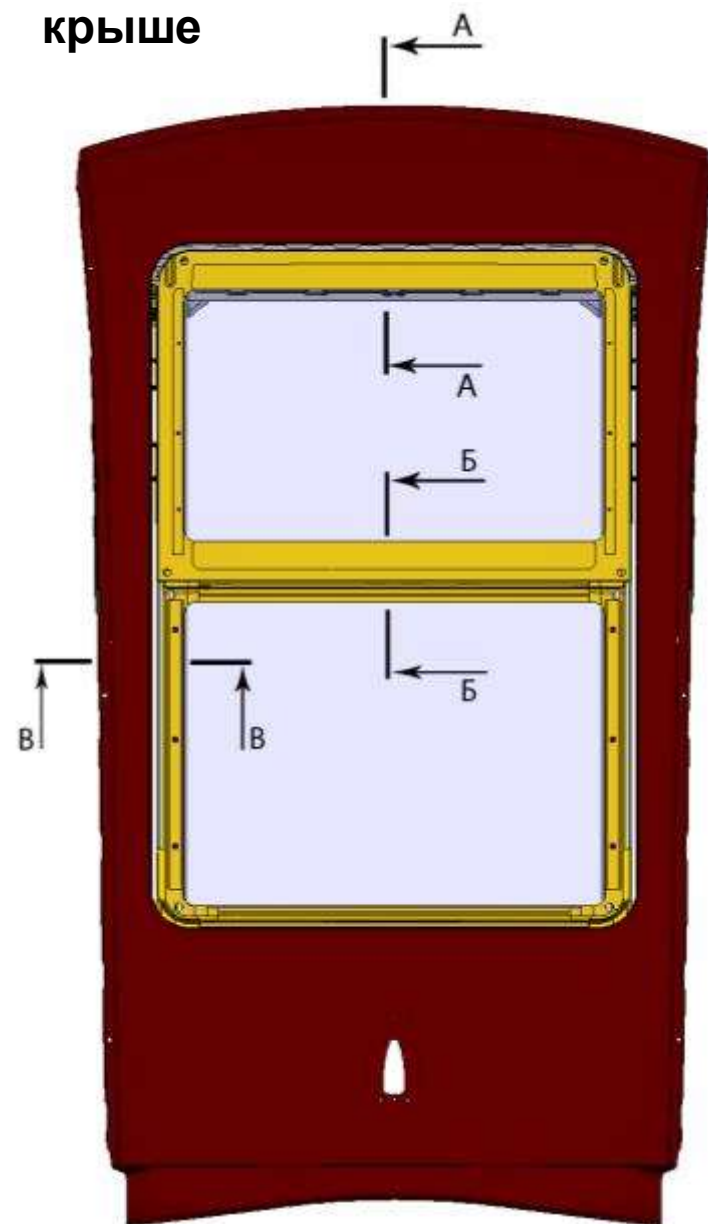


$$\begin{aligned}\omega_x &= 0 \\ \omega_y &= 0 \\ \omega_z &= 0\end{aligned}$$



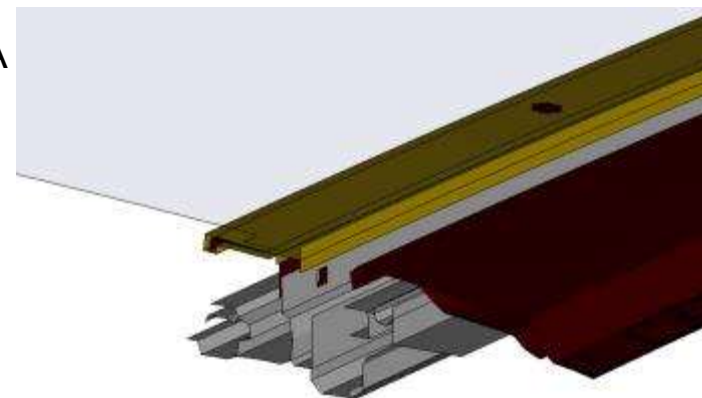
$$\begin{aligned}u_x &= 0 & \omega_x &= 0 \\ u_y &= 0 & \omega_y &= 0 \\ u_z &= 0 & \omega_z &= 0\end{aligned}$$

Расположение материалов в панорамной крыше

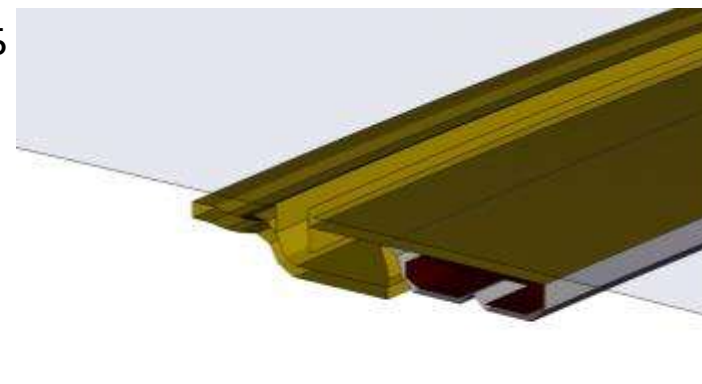


- пластик
- сталь
- алюминий
- Небьющееся стекло

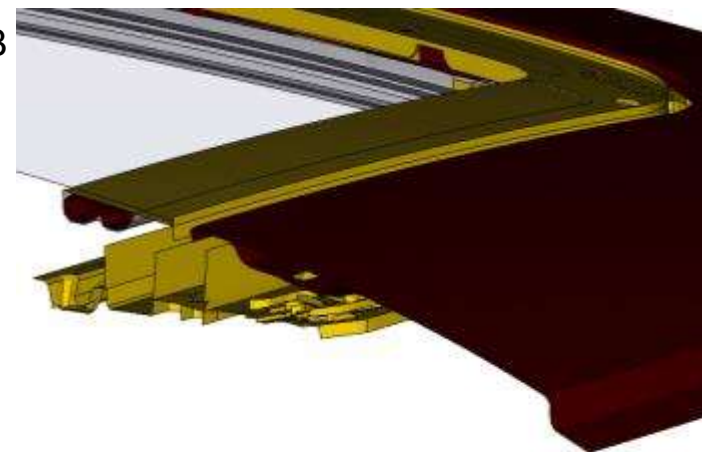
A-A



Б-Б

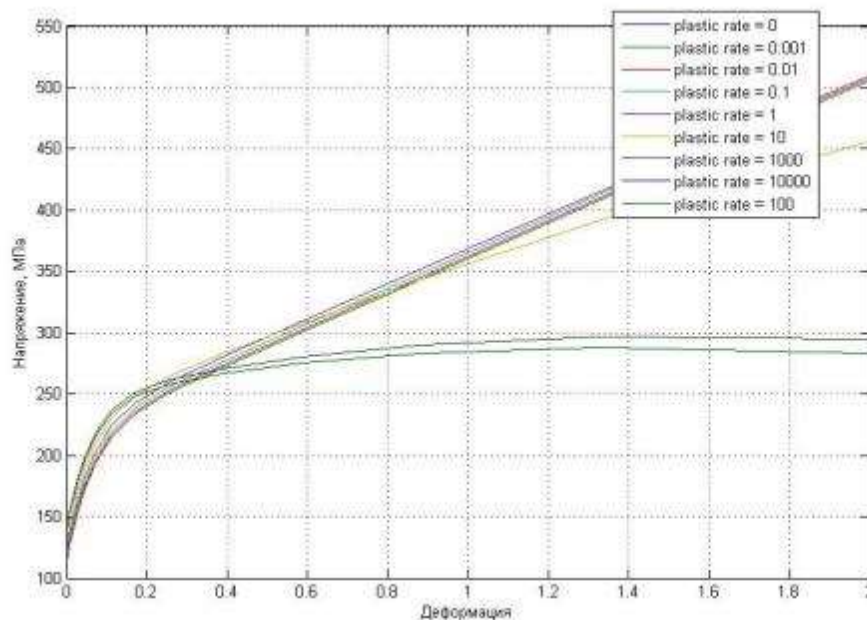


В-В

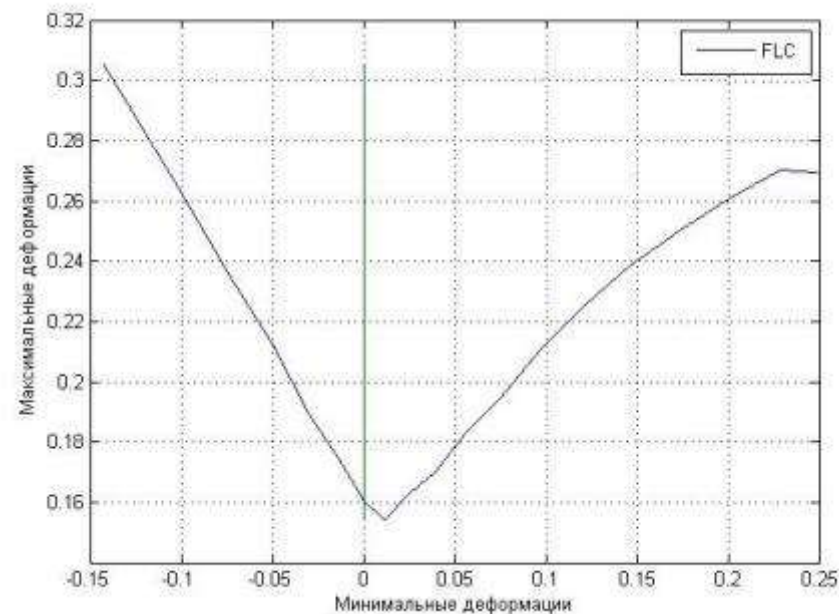


Упруго-пластическая модель материала с использованием разрушения по критерию FLD (Forming Limit Diagram).

Приведены 9 кривых упрочнения для разных скоростей пластической деформации и FLC (Forming Limit Curve) алюминия.



Кривые упрочнения алюминия

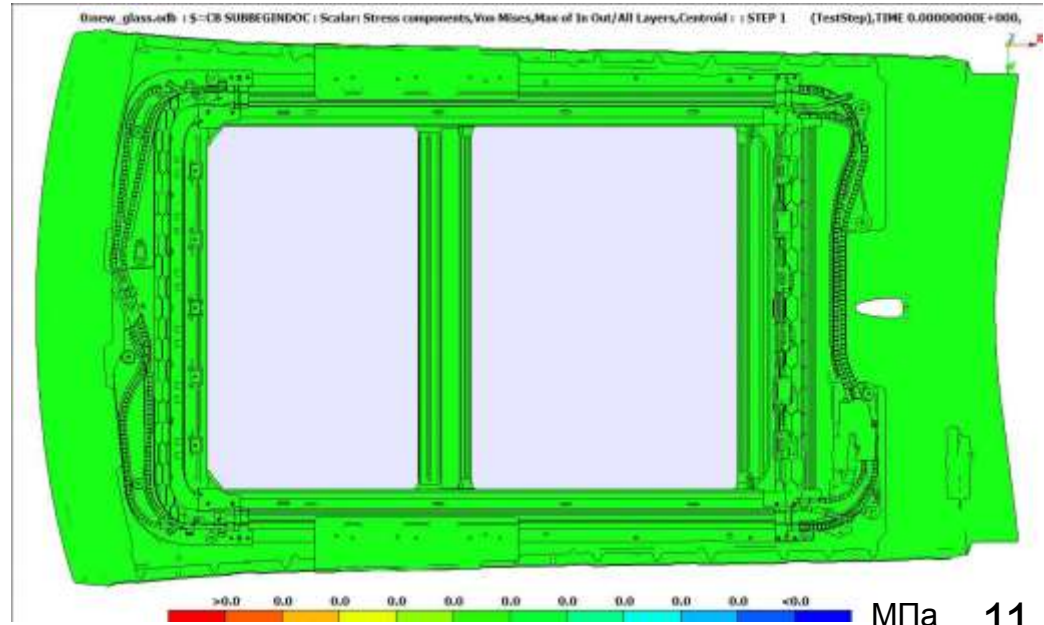
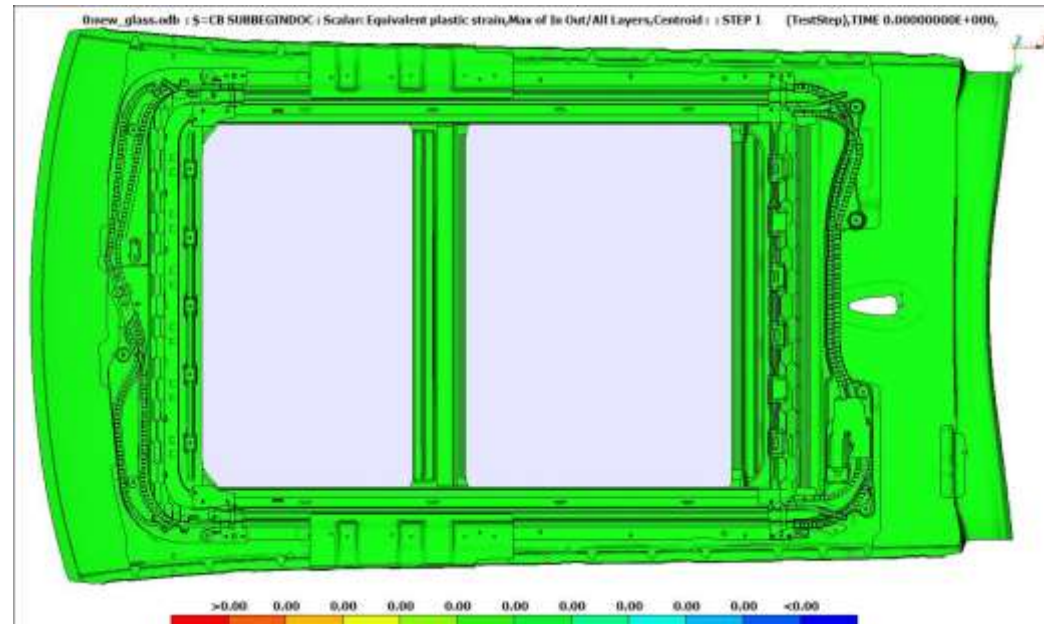
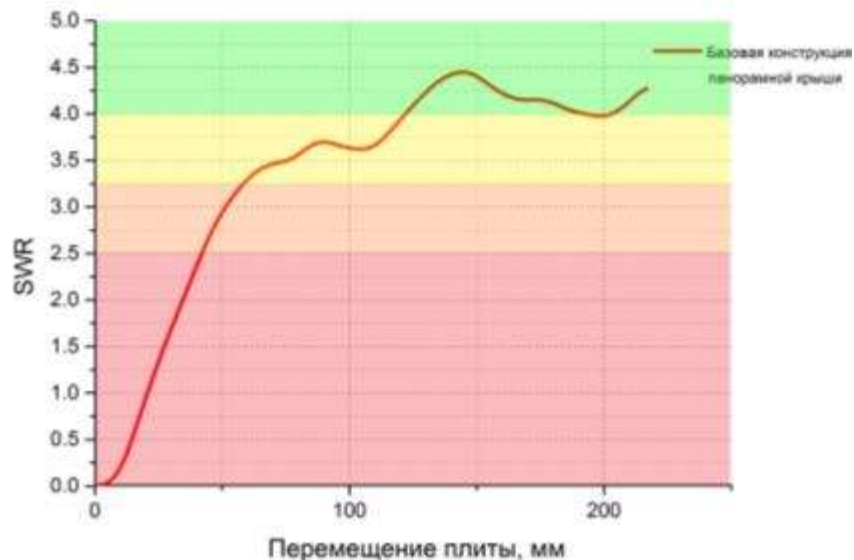


FLC алюминия

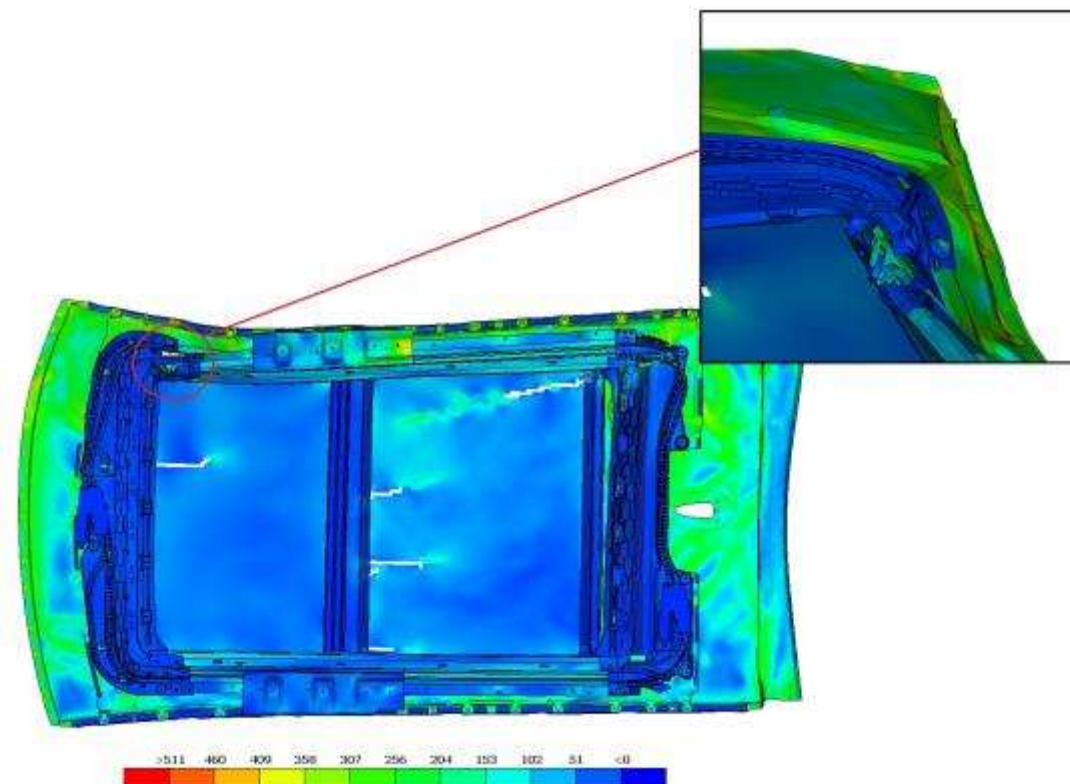
Критерий разрушения: $\omega_{FLD} = 1$, где ω_{FLD} – функция текущего состояния деформации и задается выражением $\omega_{FLD} = \frac{\epsilon_{major}}{\epsilon_{major}^{FLD}(\epsilon_{minor}, \theta, f, i)}$

Конечно-элементное решение

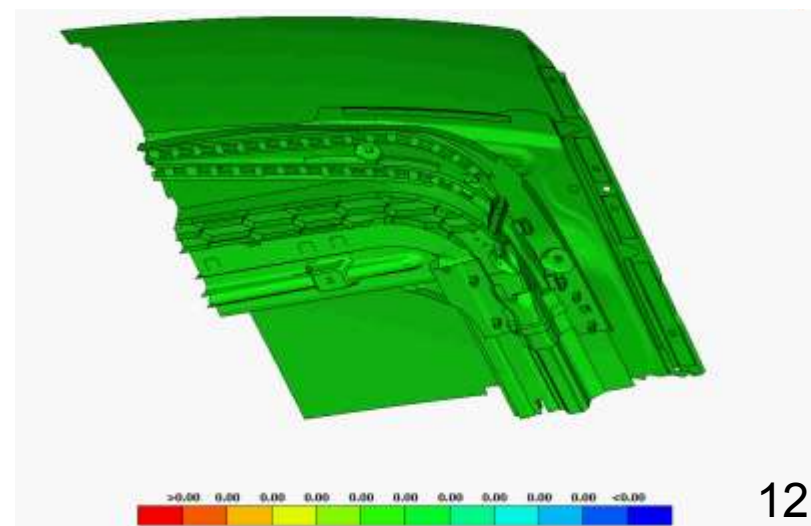
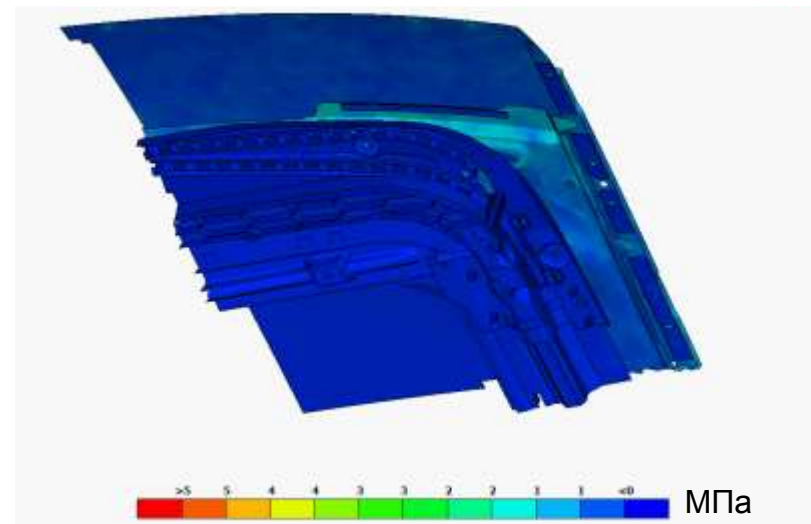
0new_glass.odb : S=CB SUBBEGINDOC : STEP 1 (TestStep), TIME 0.00000000E+000,



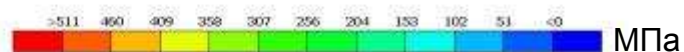
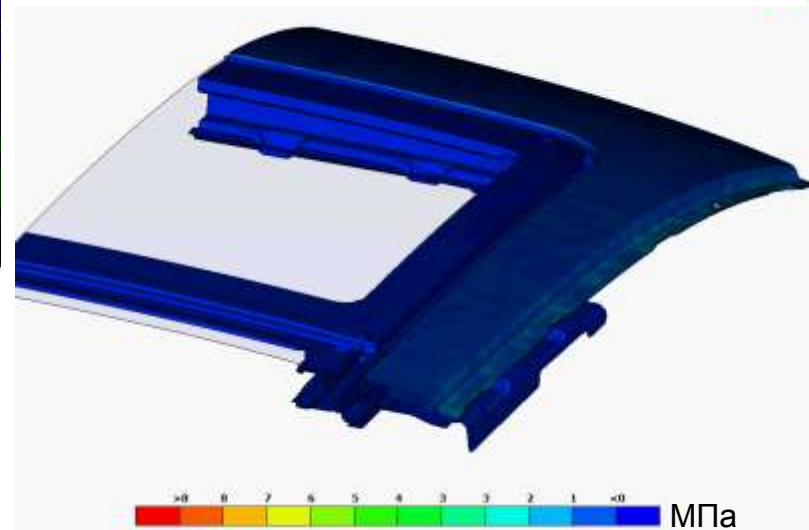
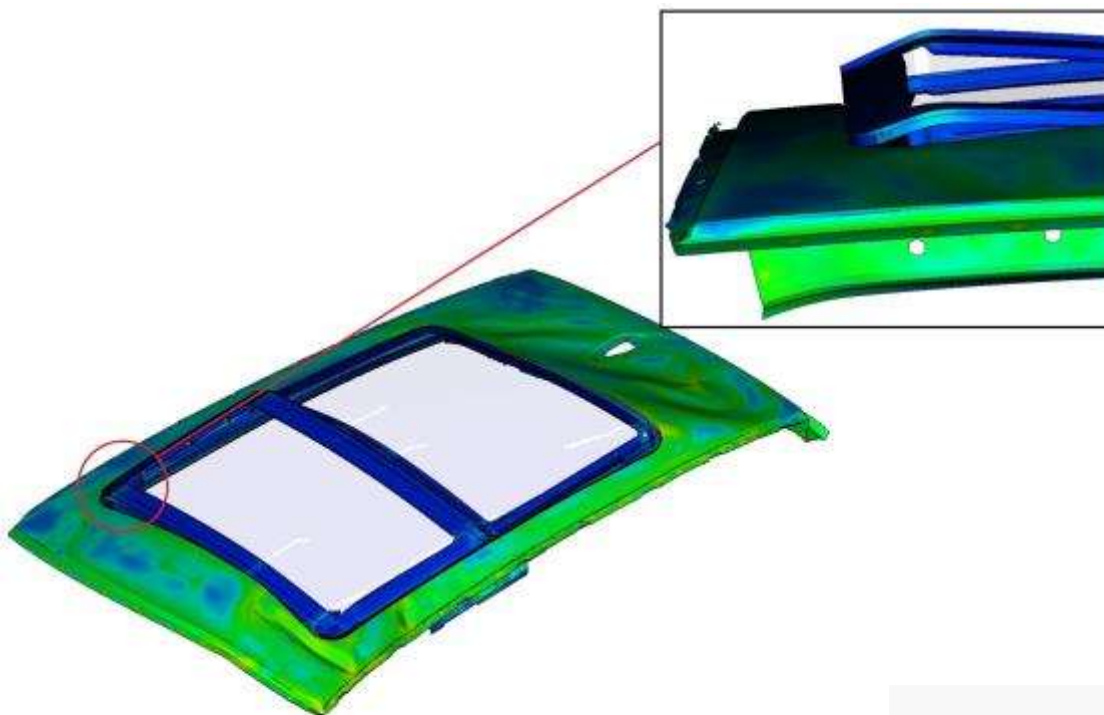
Увеличенный фрагмент конструкции (соединение пластиковой кассеты и алюминиевой рейки)



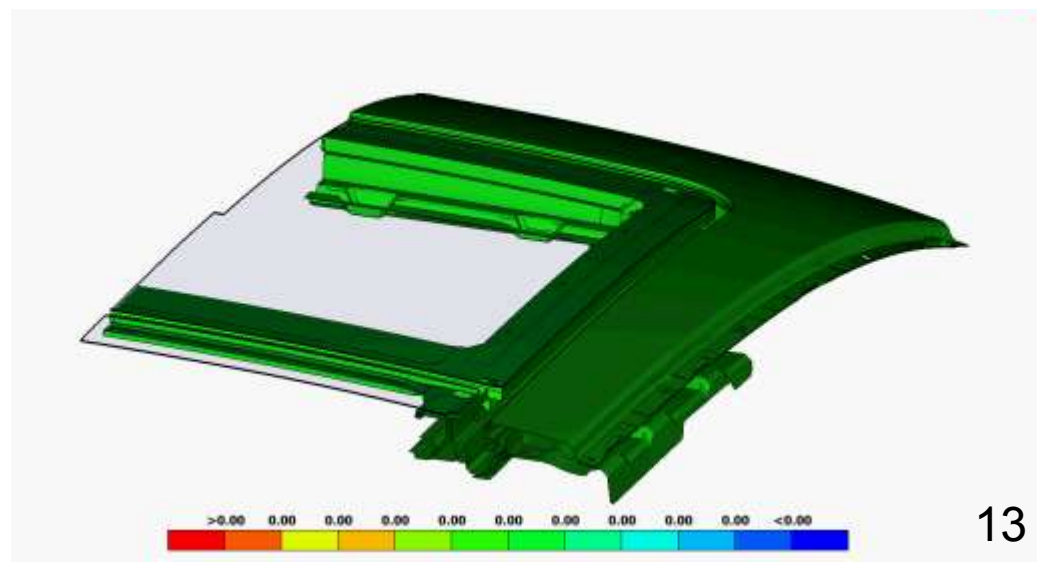
В месте соединения пластиковой кассеты и алюминиевой рейки конструкция панорамной крыши происходят наибольшие пластические деформации и последующее разрушение



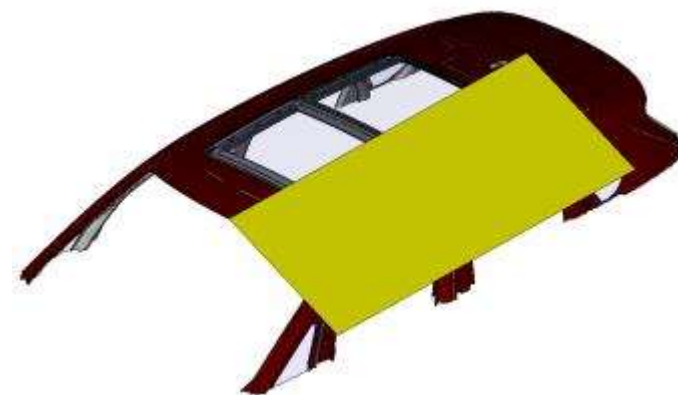
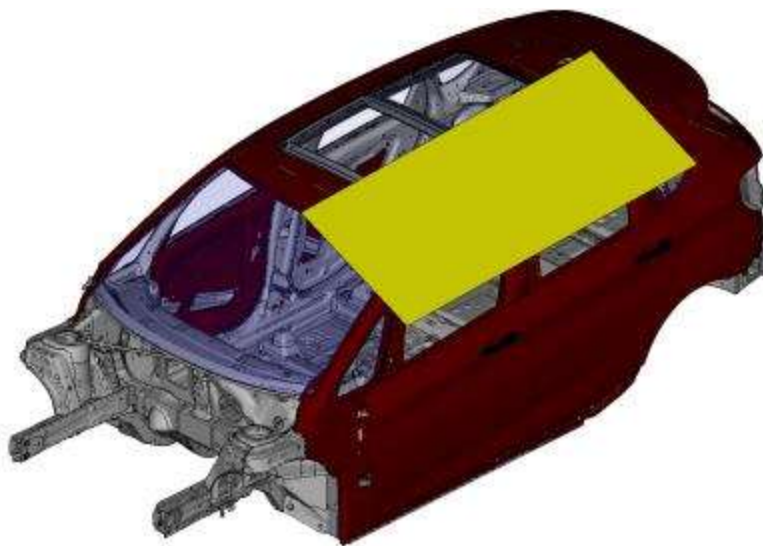
Увеличенный фрагмент конструкции (изгиб пластиковой рамы)



Изгиб пластиковой рамы и
разрушение её крепления



Упрощенная задача теста IHS на опрокидывание автомобиля

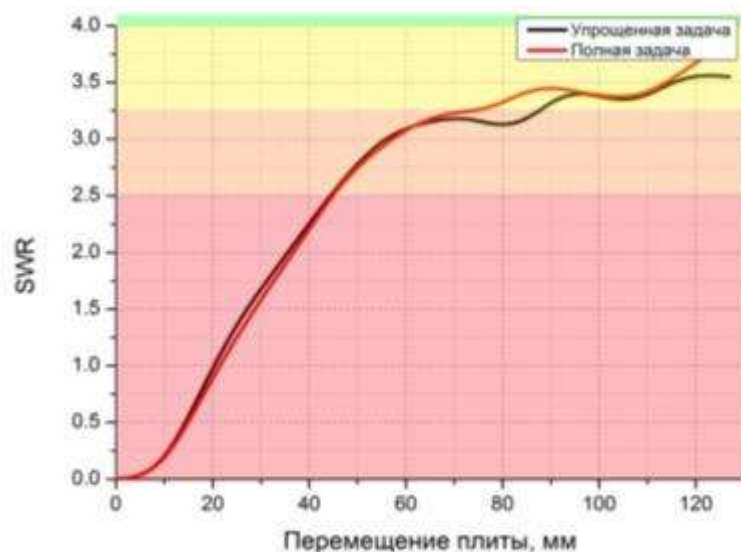


$NDOF$ (число степеней свободы) = 9 253 530

Время расчета модели - 40 часов

$NDOF$ (число степеней свободы) = 2 282 394

Время расчета модели - 8 часов



Прочность крыши в полной задаче отличается от упрощенной постановки на 6%



Вывод:

Такой результат позволяет использовать упрощенную задачу для исследования конструкции панорамной крыши и внесения улучшений.

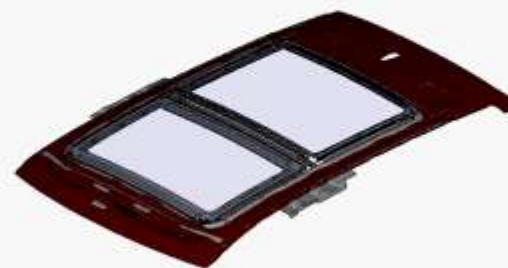
Сравнение обычной и панорамной крыш на упрощенной задаче



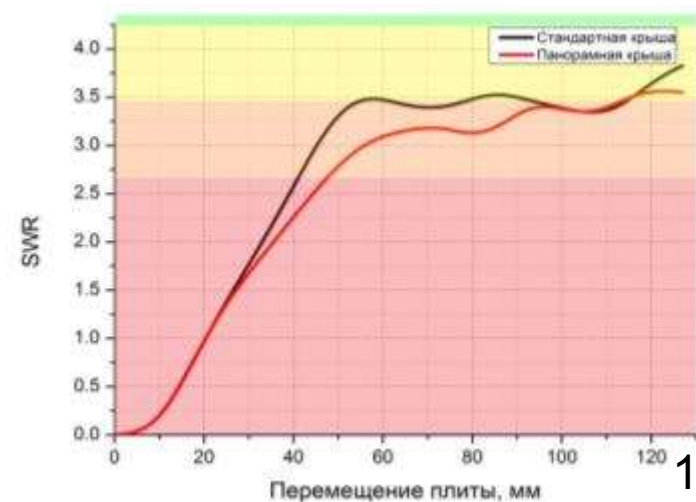
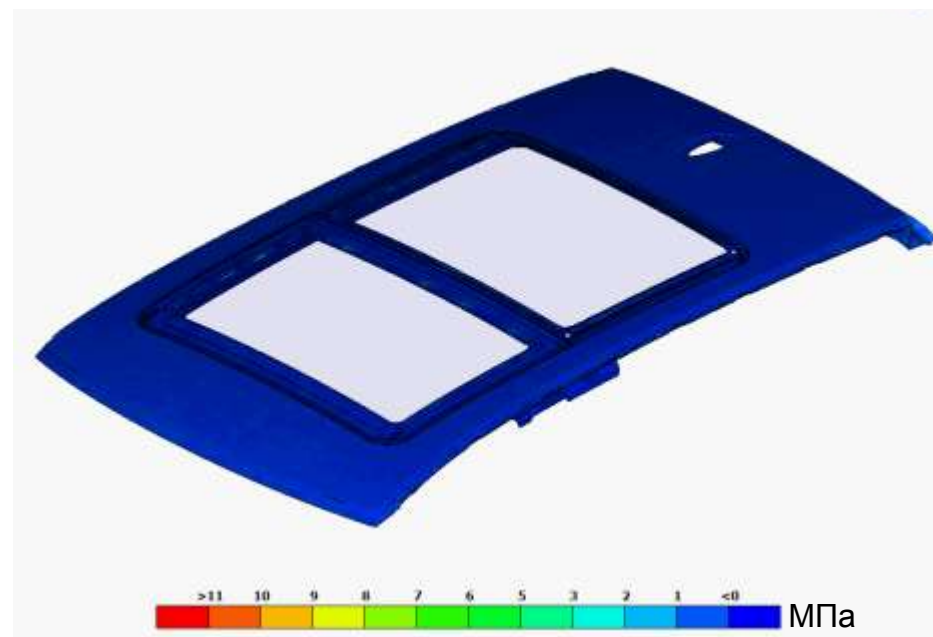
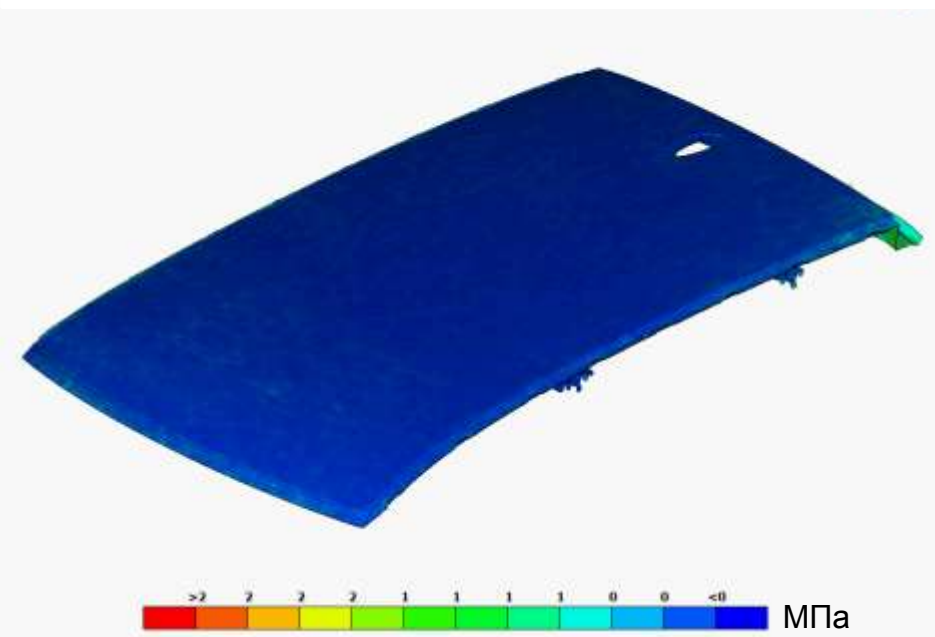
NDOF (число степеней свободы) = 1 764 870



NDOF (число степеней свободы) = 2 282 394



Конечно-элементное решение (сравнение обычной крыши и панорамной)

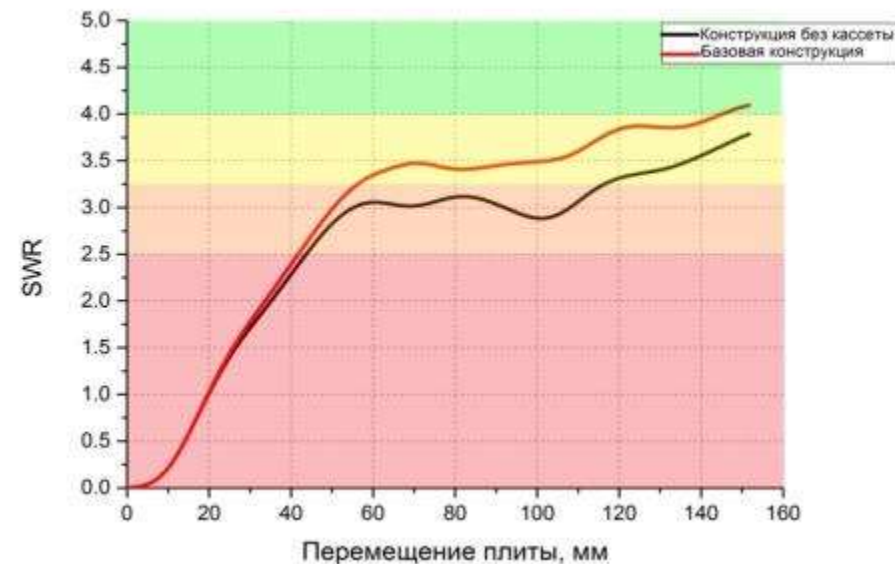


Исследование конструкции панорамной крыши на упрощенной задаче

1. Влияние пластиковой кассеты



Конечно-элементное решение (панорамная крыша без пластиковой кассеты)

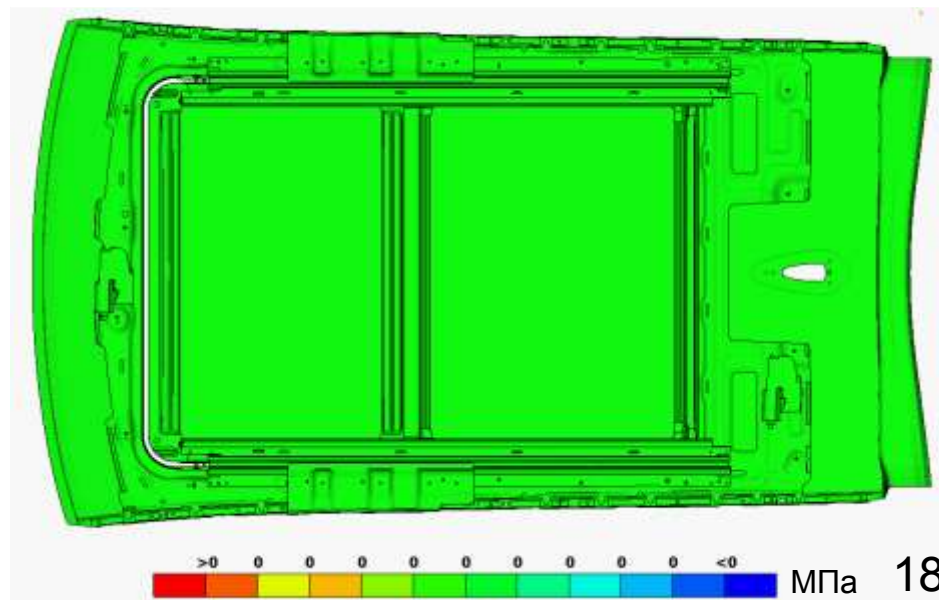


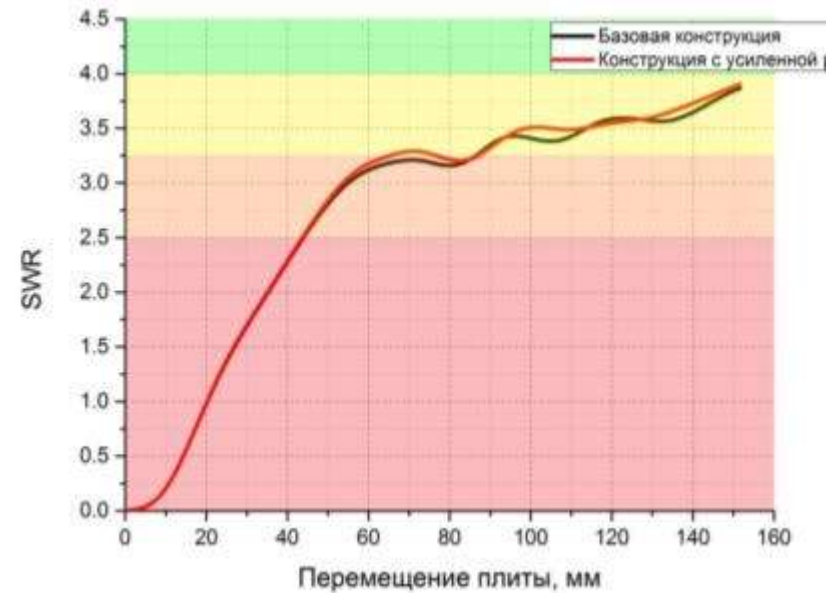
$NDOF$ (число степеней свободы) = 2 109 540

Удаление пластиковой кассеты ведет к ухудшению прочности панорамной крыши на 16%



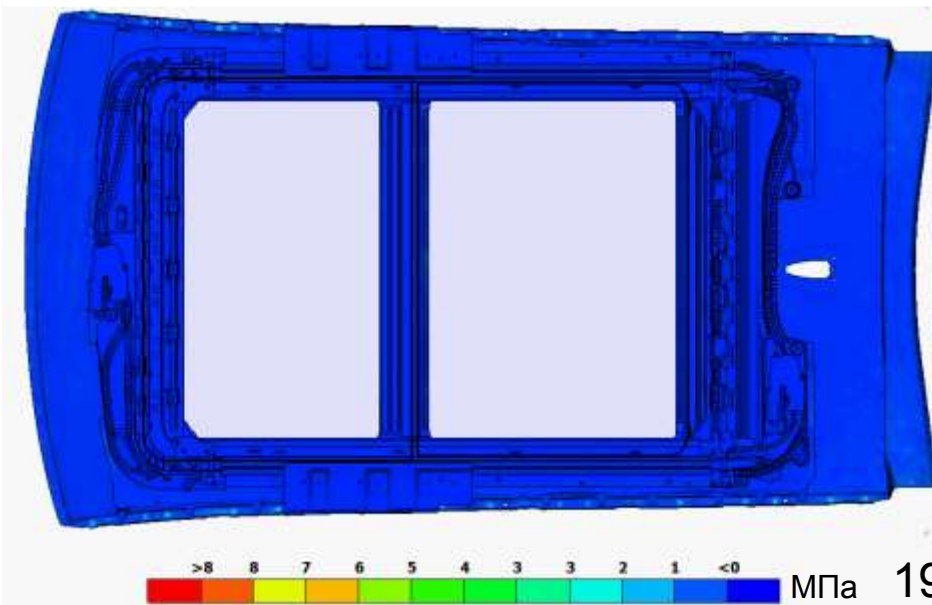
Рассмотрим кассету с увеличенной в 1,5 раза толщиной пластика.



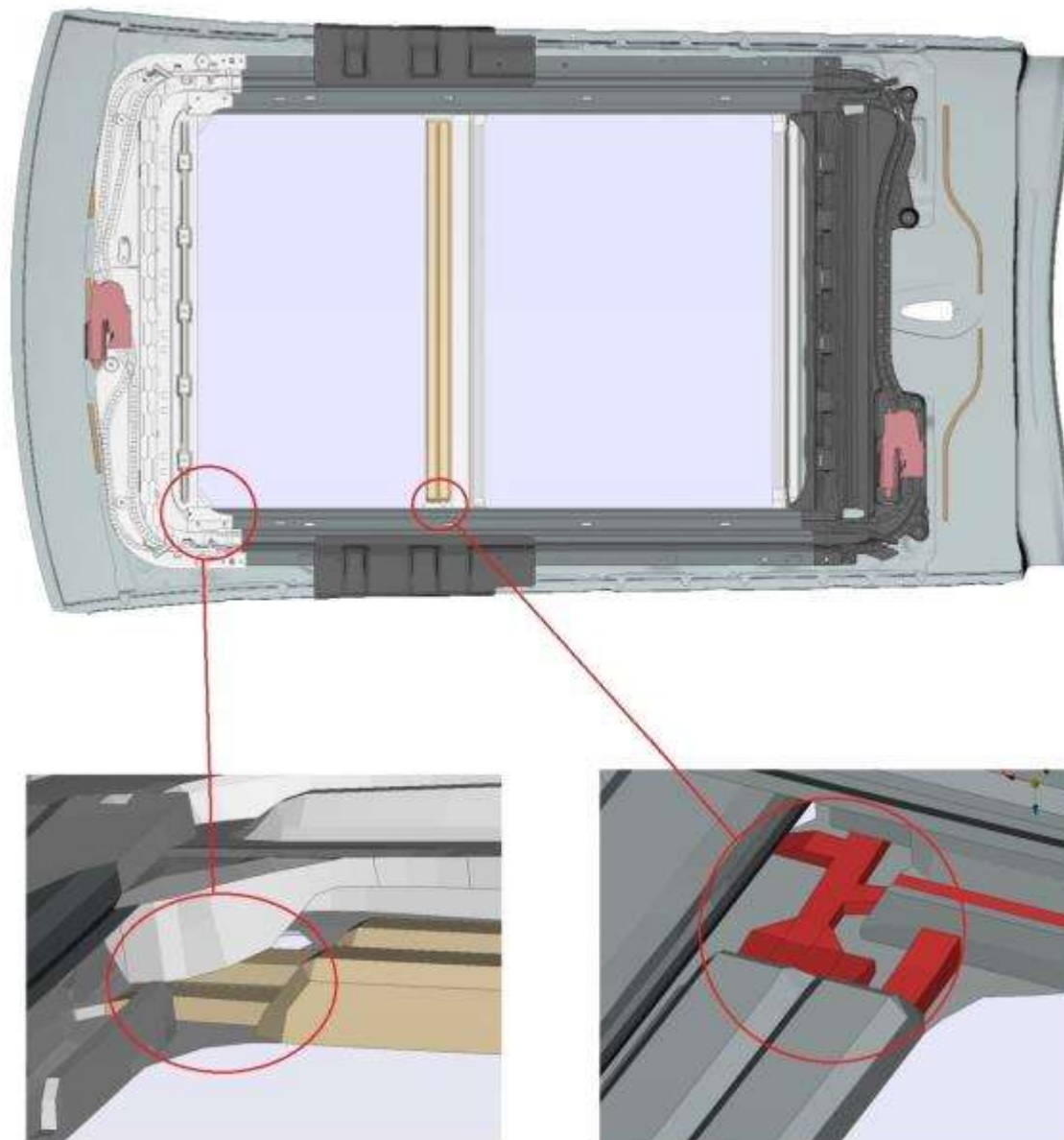


$NDOF$ (число степеней свободы) = 2 283 720

Увеличение толщины пластиковой кассеты не дает большой прибавки к прочности крыши. Рассмотрим усиление рамы вокруг стекла.



Влияние усиления рамы вокруг стекла

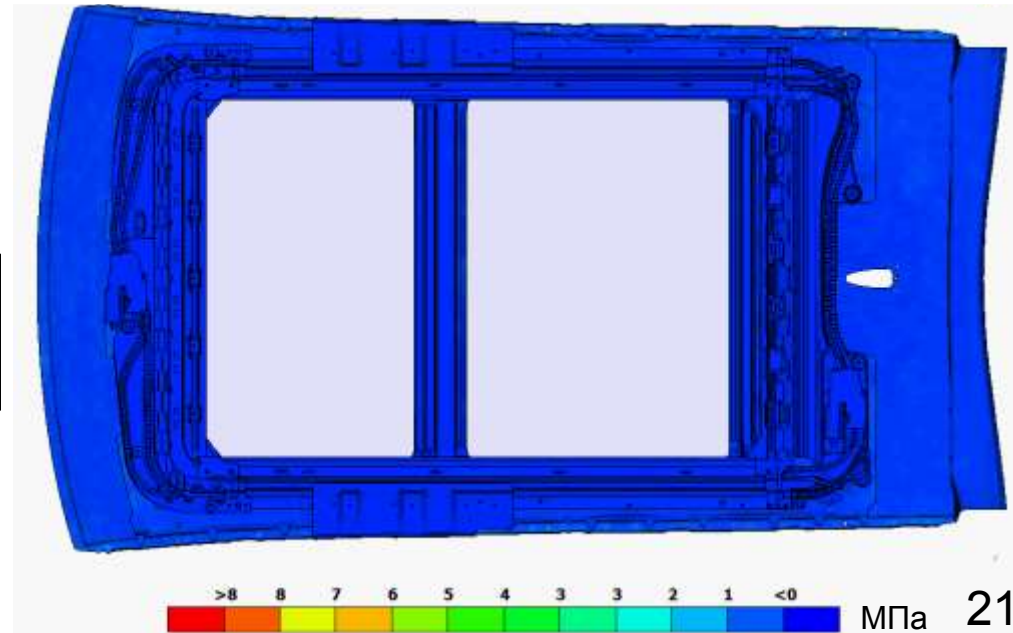
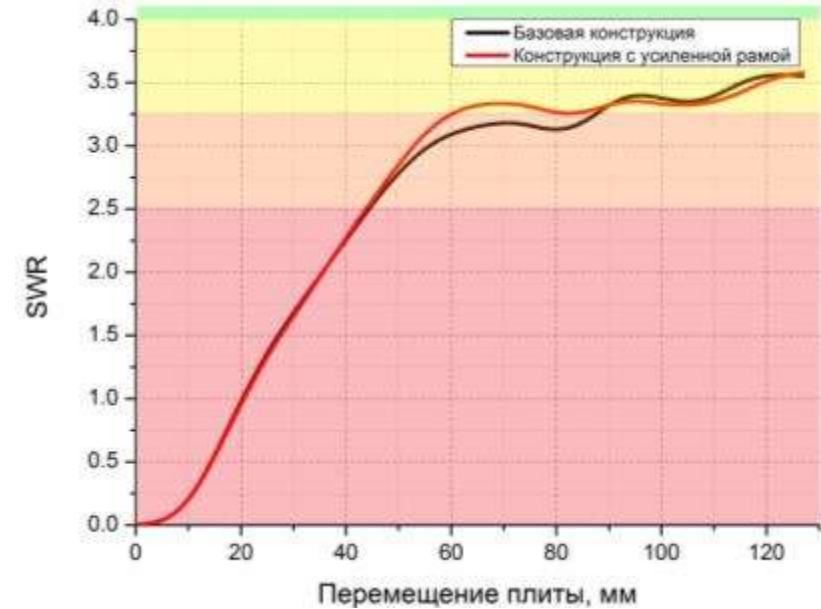


Конечно-элементное решение (панорамная крыша с усиленной рамой)



$NDOF$ (число степеней свободы) = 2 289 740

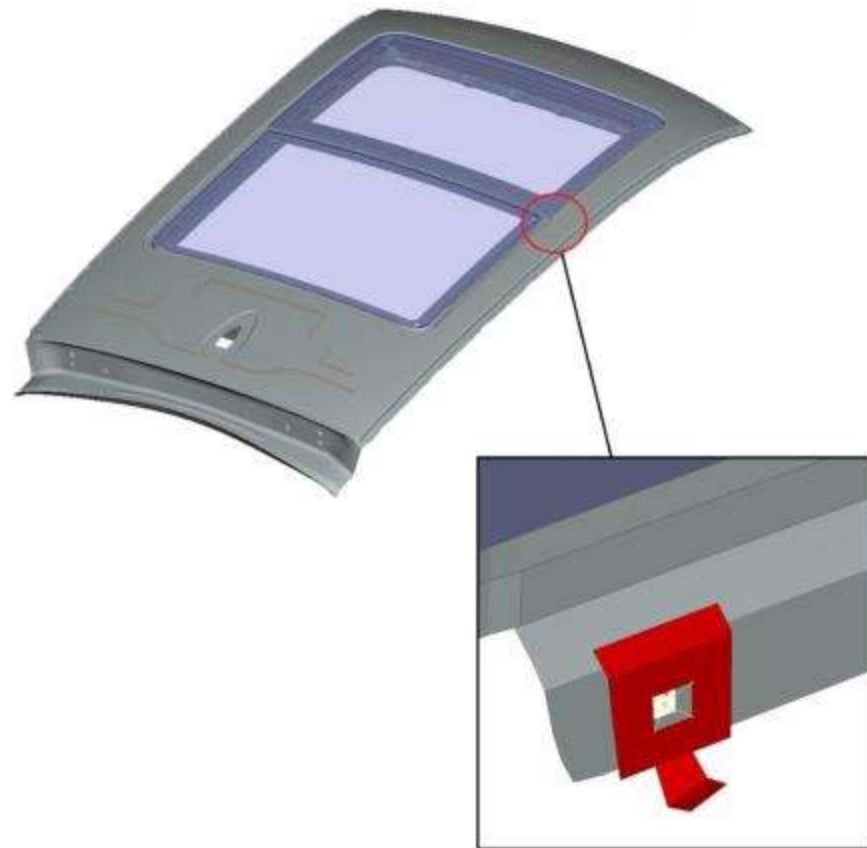
Из сравнения видно, что добавленные ребра не дают существенной прибавки к прочности крыши. Рассмотрим другой вариант модификации



Влияние дополнительного закрепления для пластиковой рамы



Деформация рамы стандартной конструкции

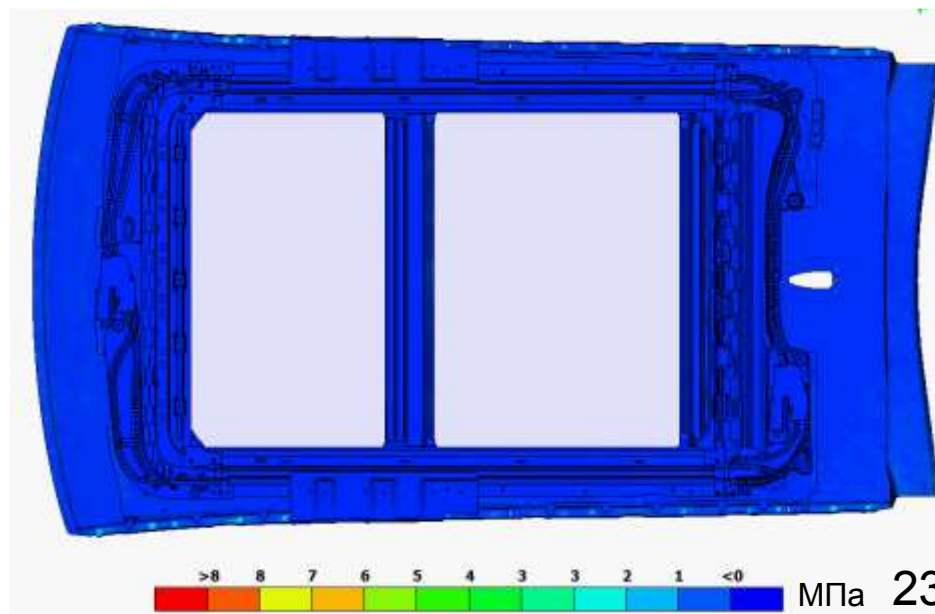
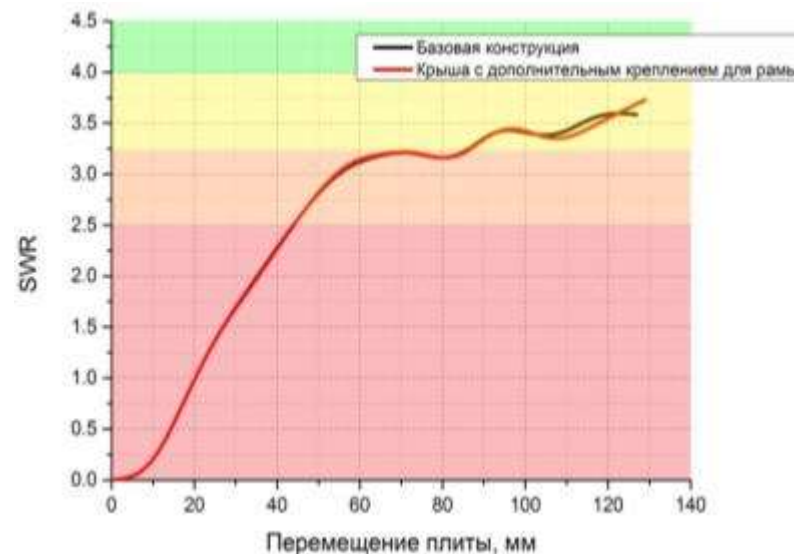


Добавление дополнительного закрепления

Конечно-элементное решение (дополнительное закрепление рамы)



$NDOF$ (число степеней свободы) = 2 282 532



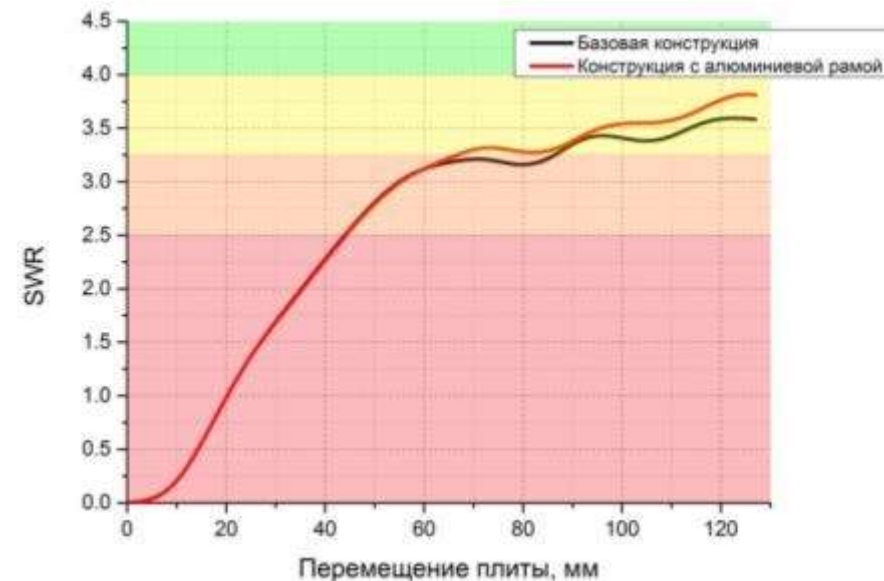
Влияние замены пластиковой рамы на алюминиевую



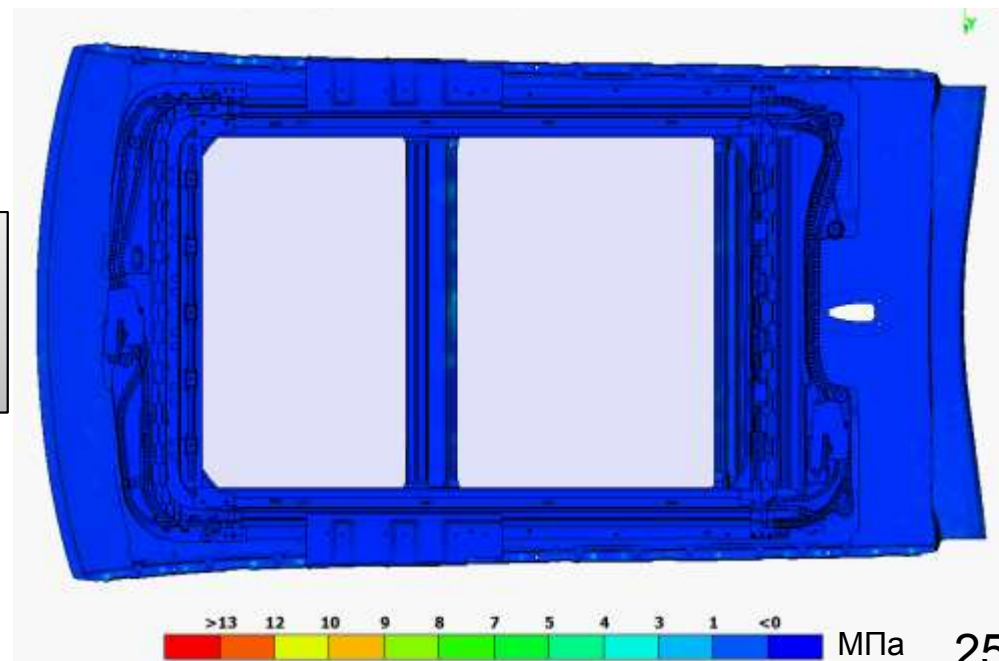
Дополнительное закрепление и усиление пластиковой рамы дополнительными ребрами не дает большого прироста прочности крыши. Рассмотрим замены пластиковой рамы на алюминиевую.



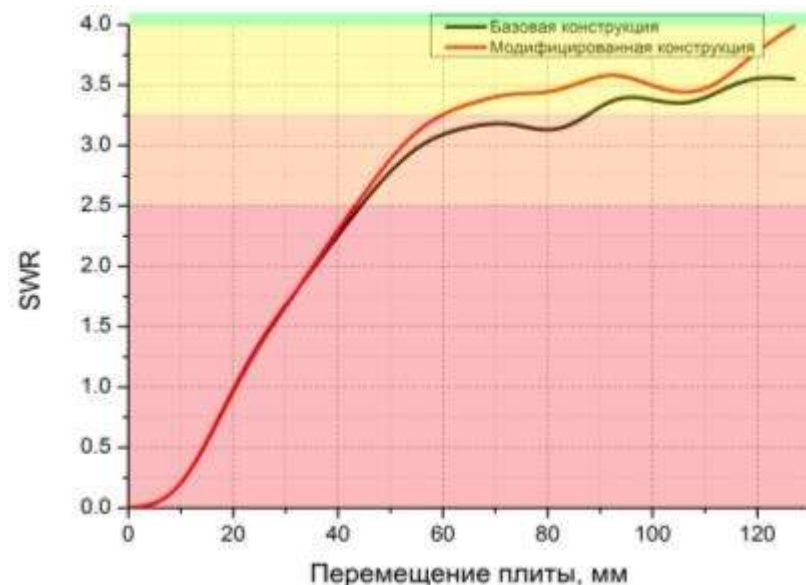
Конечно-элементное решение



При замене пластиковой рамы на алюминиевую прочность крыши возросла на 6% на промежутке от 60мм перемещения плиты до конца рассматриваемого интервала.

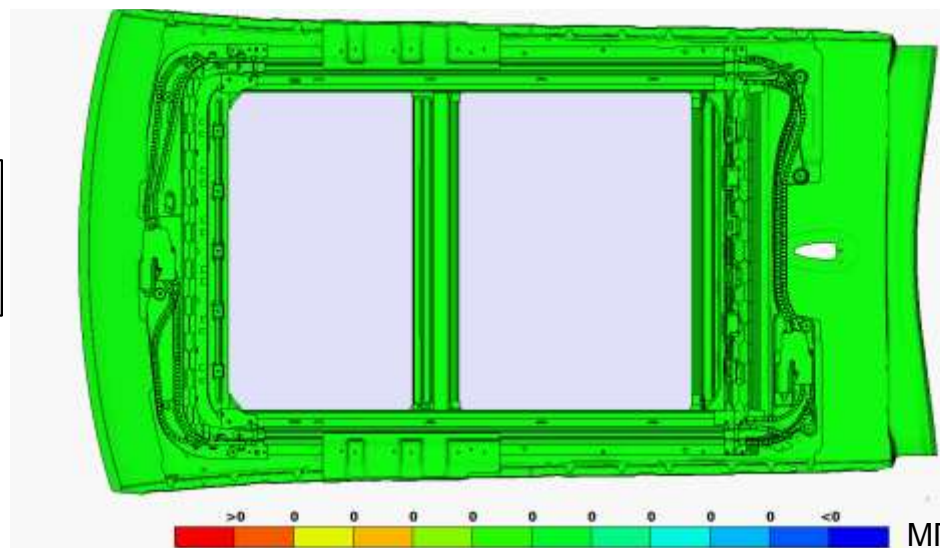


Результат конечно-элементного моделирования конструкции панорамной крыши с использованием всех предложенных модификаций



$NDOF$ (число степеней свободы) = 2 283 132

При добавлении всех модификаций в конструкцию панорамной крыши, её прочность возросла на 12.5 % по сравнению базовой.



Выводы:

Модификации	SWR
1. Увеличение толщины пластика кассеты	3.68
2. Усиление рамы вокруг стекла	3.65
3. Дополнительное закрепление для пластиковой рамы	3.75
4. Замена пластиковой рамы на алюминиевую	3.8
5. Конструкция с использованием всех предложенных модификаций	3.96

- Были выявлены слабые места базовой конструкции панорамной крыши
- Предложены различные модификации, для каждой из которых был смоделирован тест на опрокидывание автомобиля
- Переход к упрощенной задаче с целью ускорения процесса исследования конструкции крыши
- Приведена оценка по критериям теста на опрокидывание автомобиля для каждой предложенной модификации
- Выполнен расчет конструкции с использованием всех предложенных модификаций



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !