



Выпускная работа бакалавра
на тему:
**«Топологическая оптимизация изделий,
изготавливаемых методом литья»**

Студент: Голубков Н.А.

Группа: 43602/3

Руководитель: Ховайко М.В.

Санкт-Петербург

2016г

Цели и задачи

Оптимизация конструкции опоры антенны:

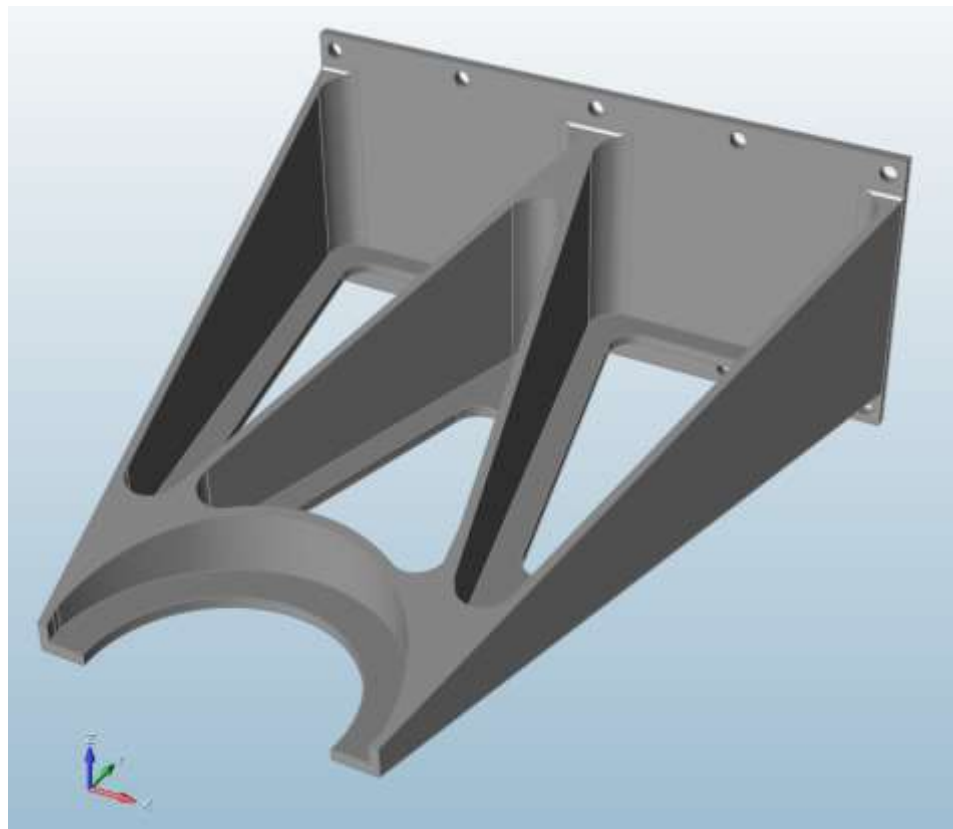
Целевая функция –

Податливость конструкции.

Цель – минимизации целевой функции.

Ограничение на массу – не более исходной.

Пригодность полученной формы к изготовлению методом литья

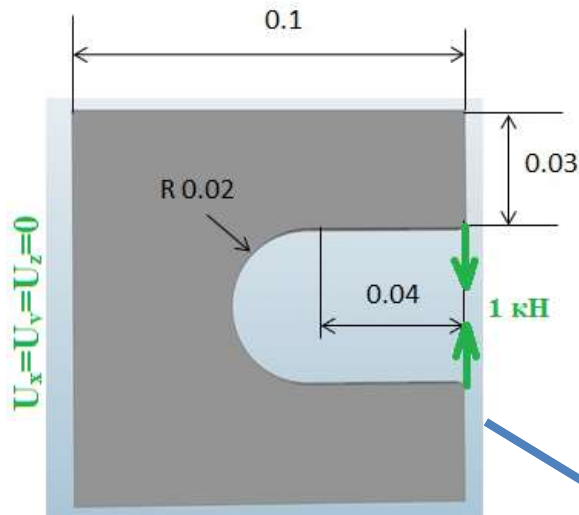


Модельная задача

SolidThinking Inspire

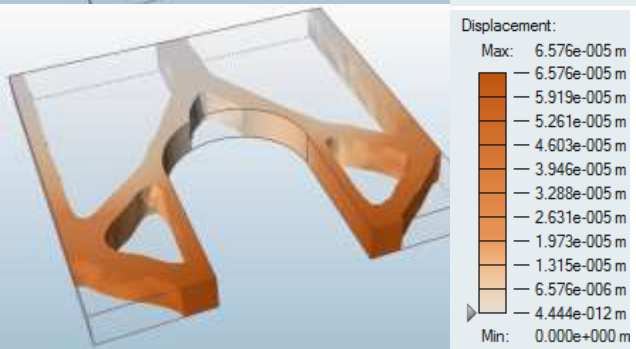
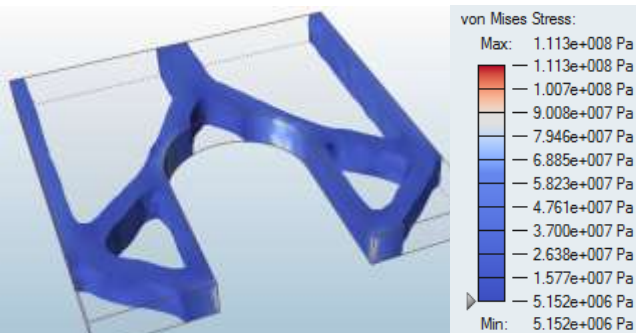
- Минимизация целевой функции податливости
- Уменьшение массы
- Контроль формы

Материал:
steel AISI 304
Предел текучести:
230 МПа



- Масса: 0.62 кг
- Запас прочности: 2.07
- Максимальное перемещение: 0.03 мм

- Ограничение на форму: Extrusion
 - Ограничения по массе: 30 %



- Масса: 0.19 кг
- Запас прочности: 2.05
- Максимальное перемещение: 0.06 мм

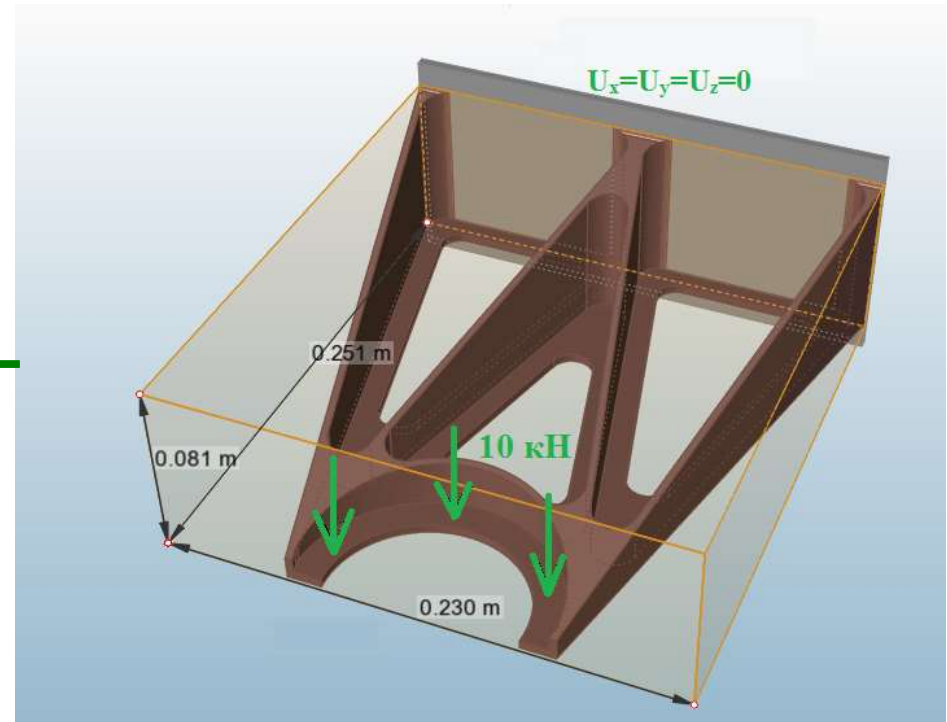
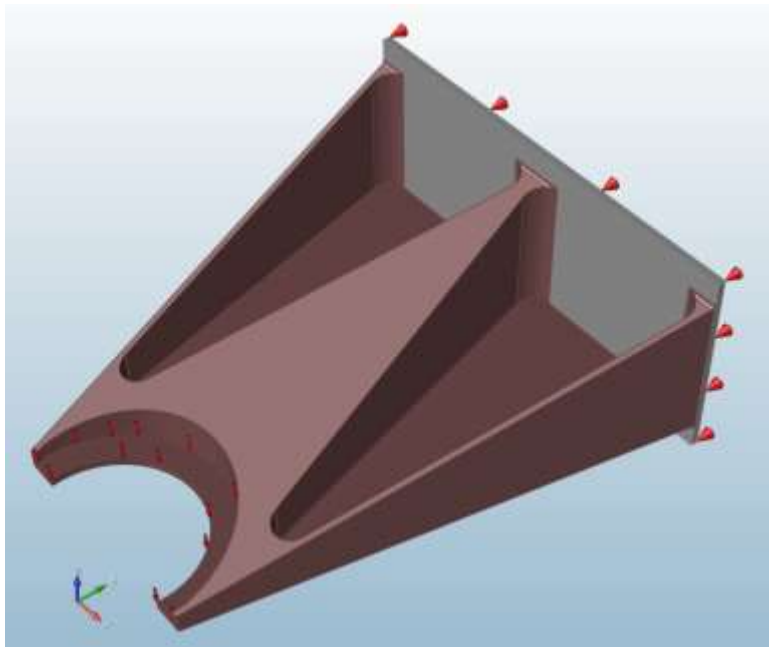




Постановка задачи

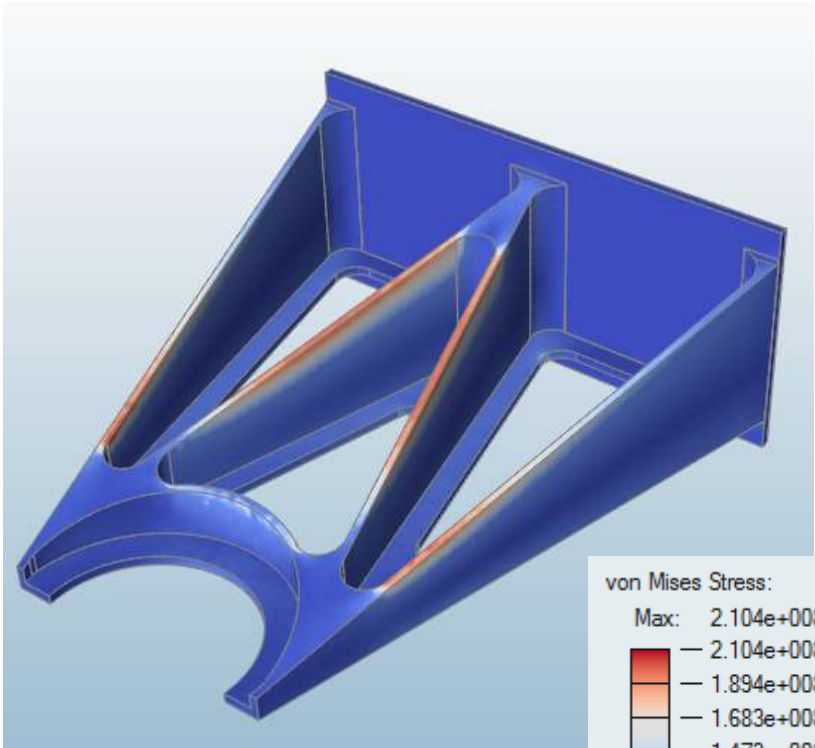
SolidThinking INSPIRE

- Максимизация целевой функции жесткости
 - Уменьшение массы
- (Масса исходного кронштейна: 2.87 кг)
- Ограничение на перемещение: 1 мм
 - Материал: steel AISI 304
- (предел текучести: 230 МПа)
- Контроль формы



*Увеличение пространства
оптимизации*

Анализ исходной конструкции



von Mises Stress:

Max: 2.104e+008 Pa

— 2.104e+008 Pa

— 1.894e+008 Pa

— 1.683e+008 Pa

— 1.473e+008 Pa

— 1.263e+008 Pa

— 1.052e+008 Pa

— 8.417e+007 Pa

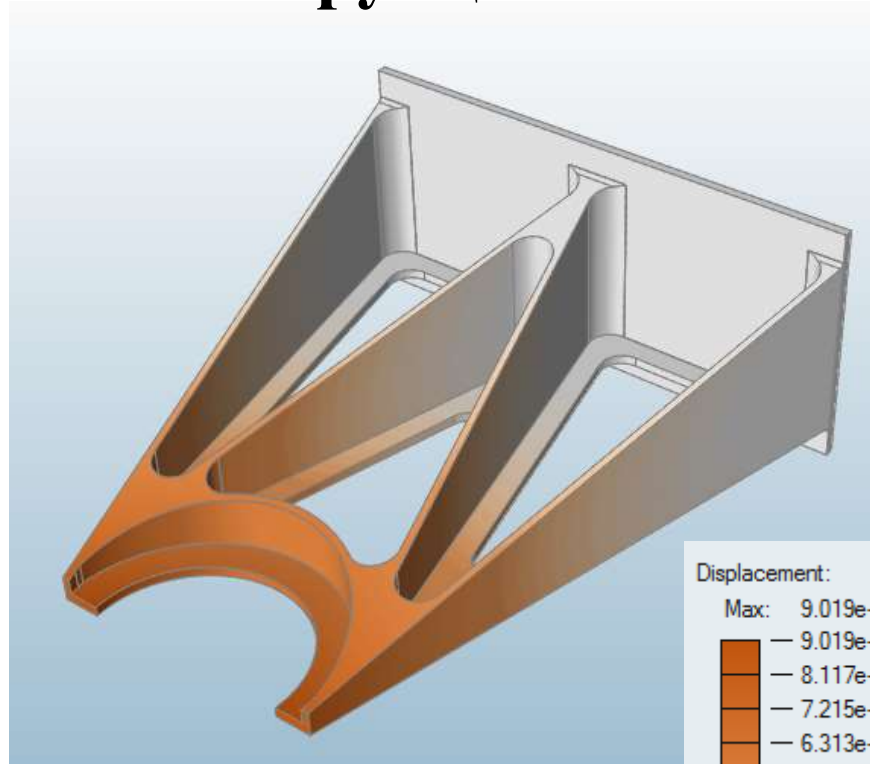
— 6.313e+007 Pa

— 4.209e+007 Pa

— 2.104e+007 Pa

— 2.573e+002 Pa

Min: 2.573e+002 Pa



Displacement:

Max: 9.019e-004 m

— 9.019e-004 m

— 8.117e-004 m

— 7.215e-004 m

— 6.313e-004 m

— 5.411e-004 m

— 4.509e-004 m

— 3.607e-004 m

— 2.706e-004 m

— 1.804e-004 m

— 9.019e-005 m

— 4.208e-017 m

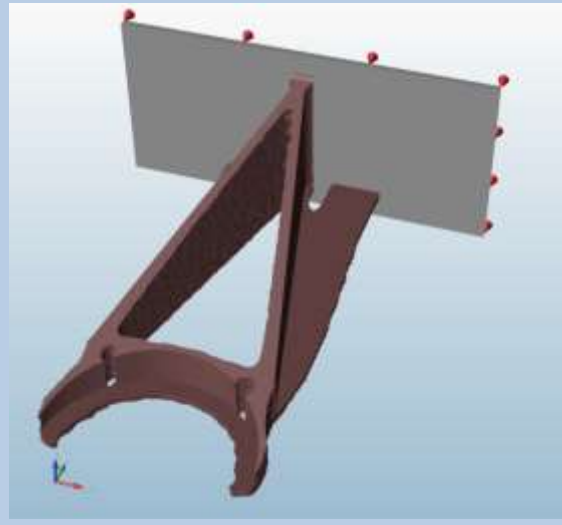
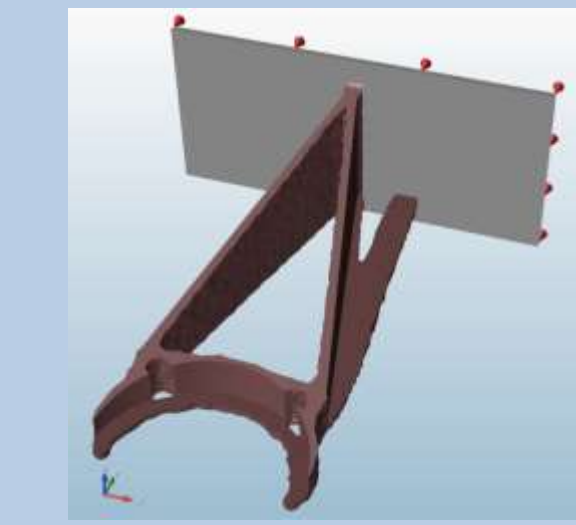
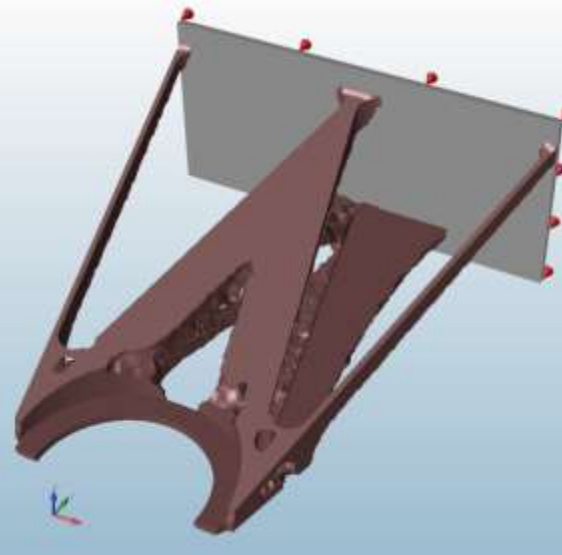
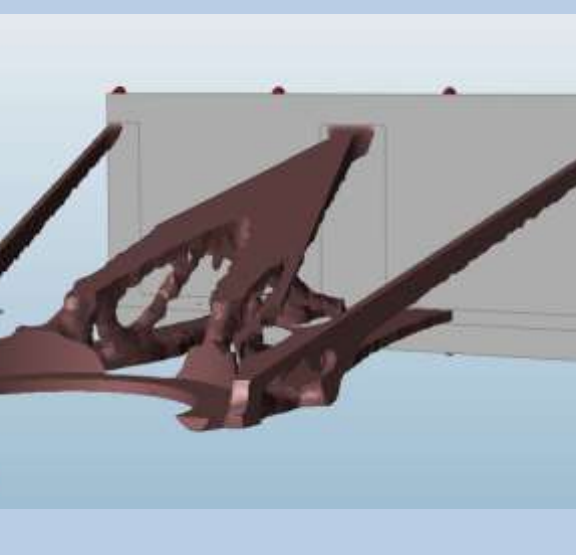
Min: 0.000e+000 m

Запас прочности: 1.09

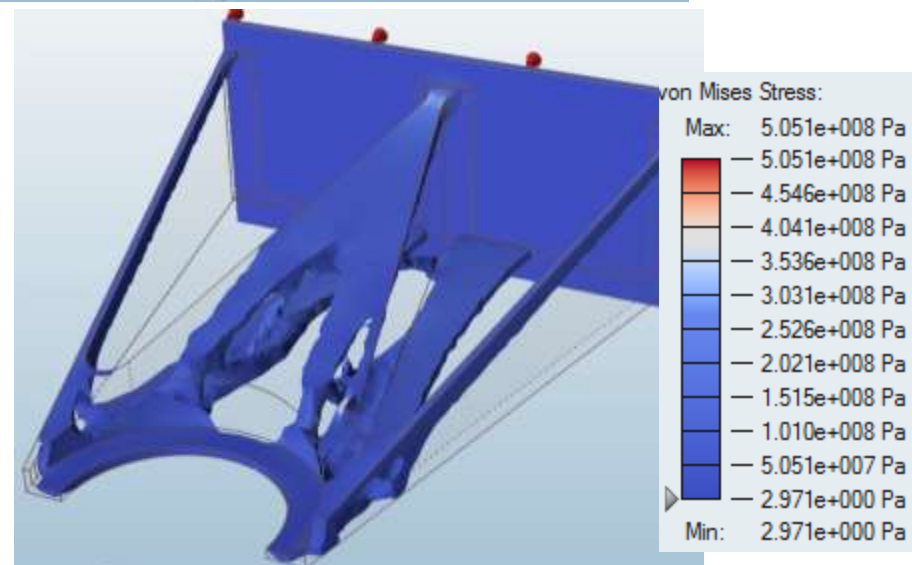
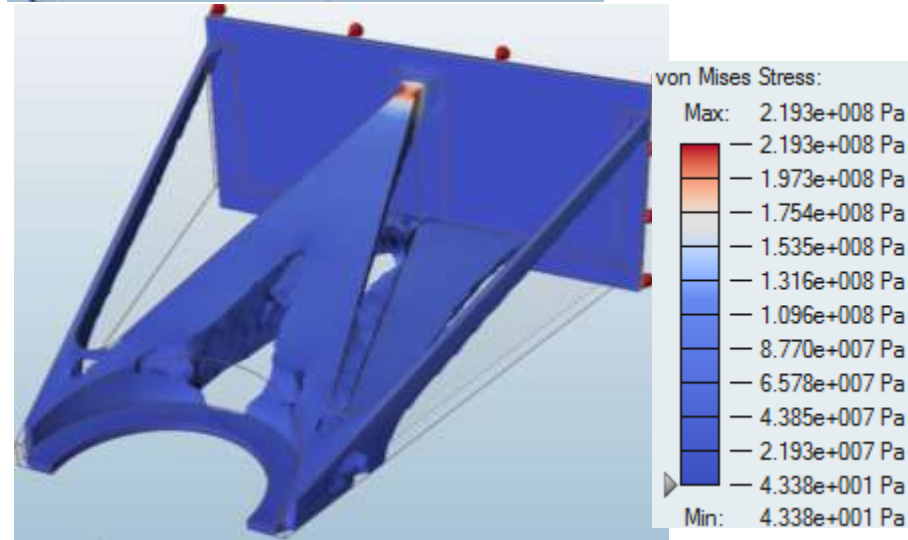
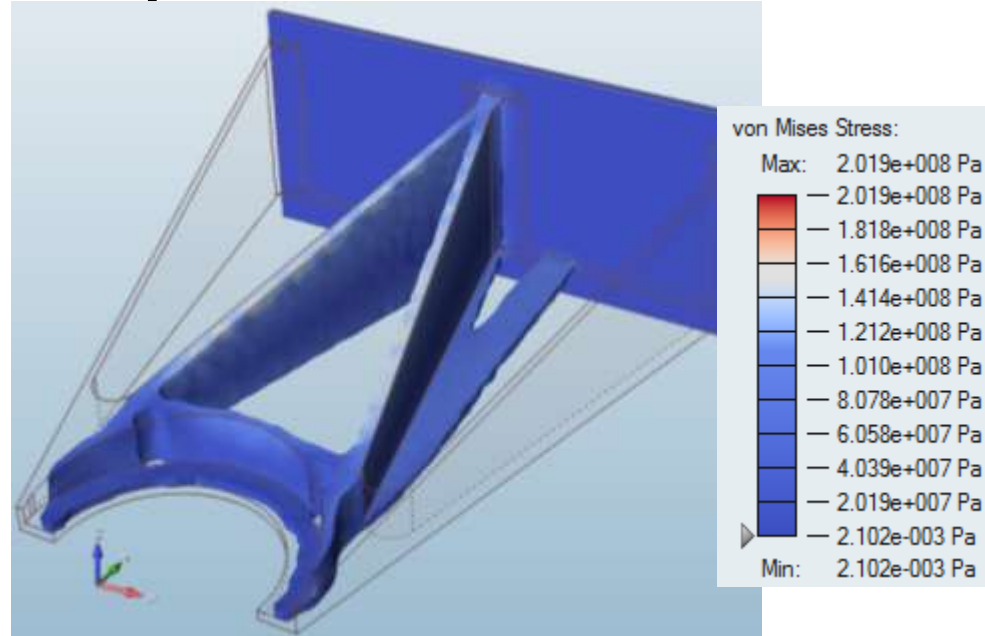
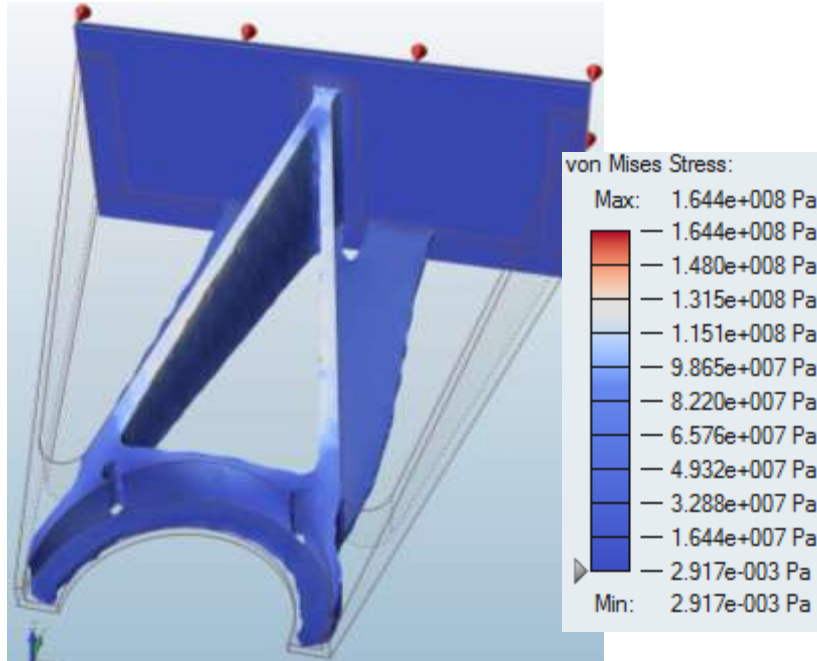
Максимальное перемещение: 0.9 мм



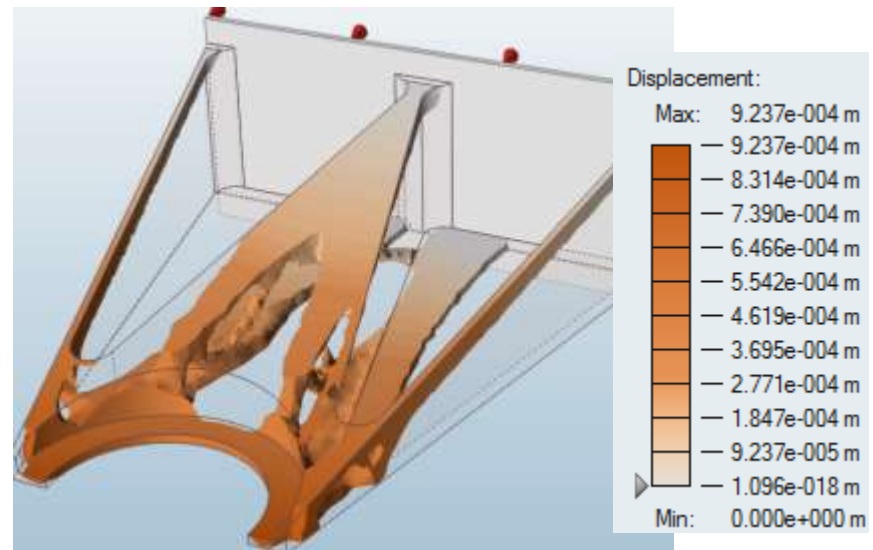
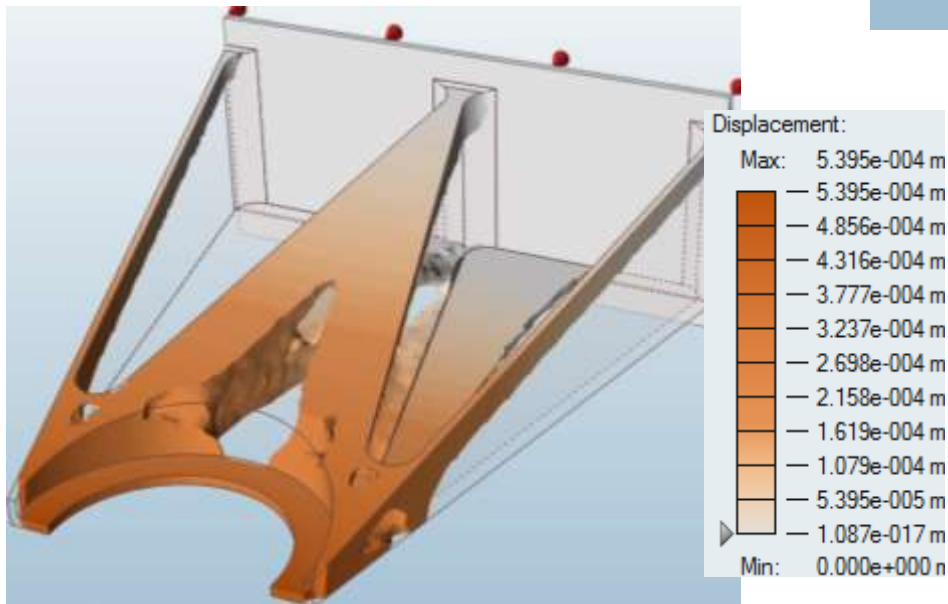
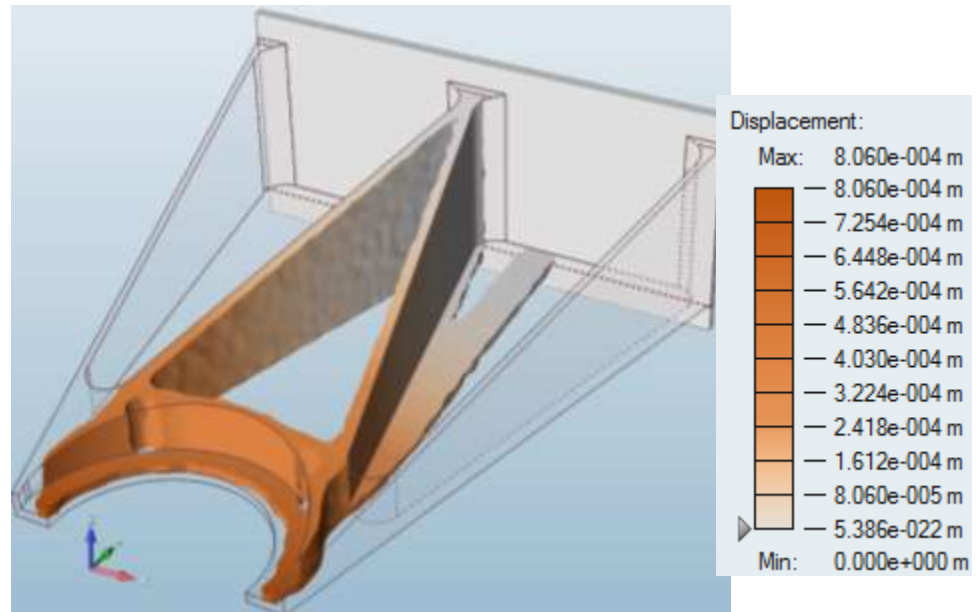
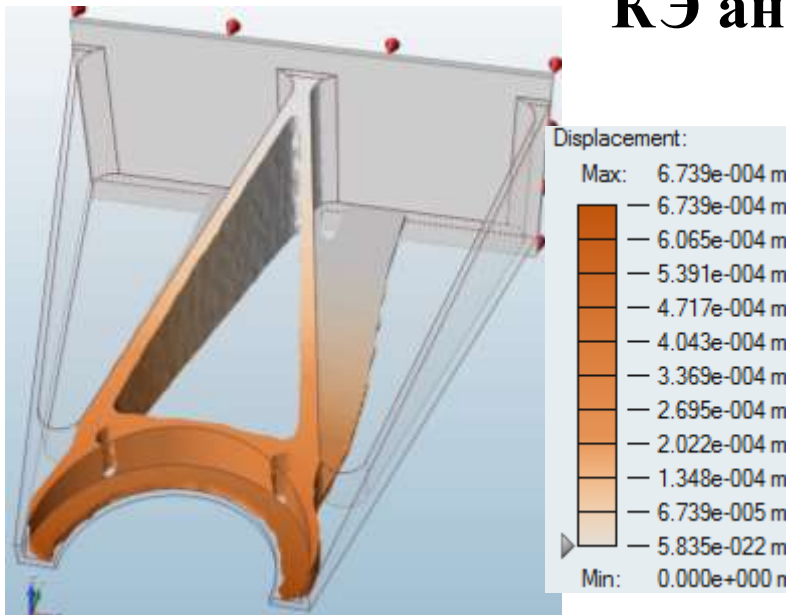
Результаты топологической оптимизации

Форма \ Масса	30 %	20 %
Extrusion		
Split Draw		

КЭ анализ напряжений



КЭ анализ перемещений

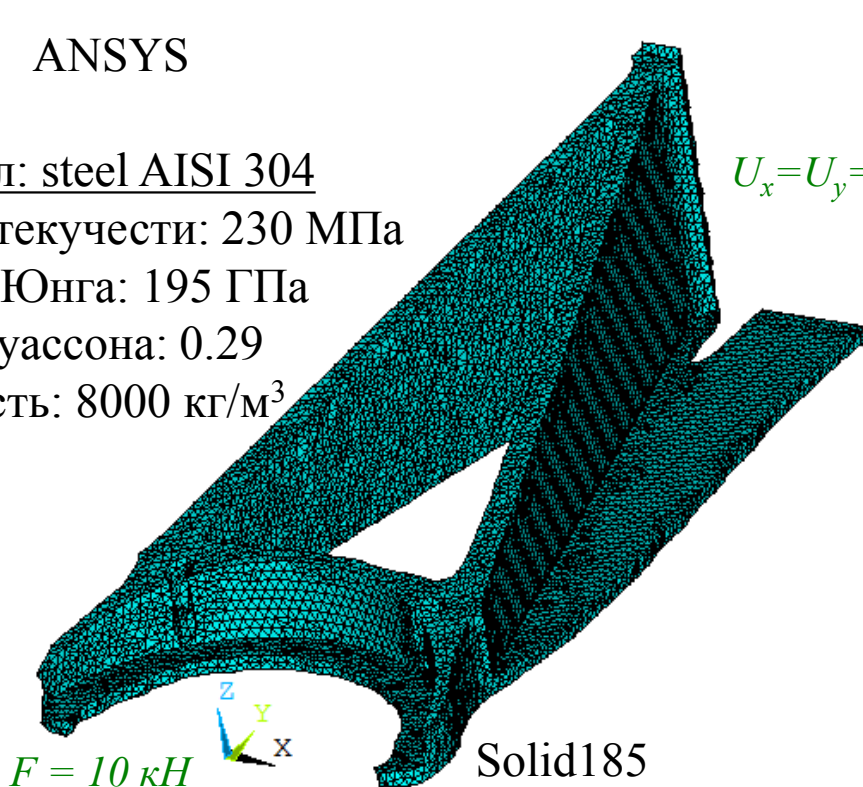


КЭ постановка задачи анализа напряженно-деформированного состояния

ANSYS

Материал: steel AISI 304

- Предел текучести: 230 МПа
- Модуль Юнга: 195 ГПа
- Коэф. Пуассона: 0.29
- Плотность: 8000 кг/м³

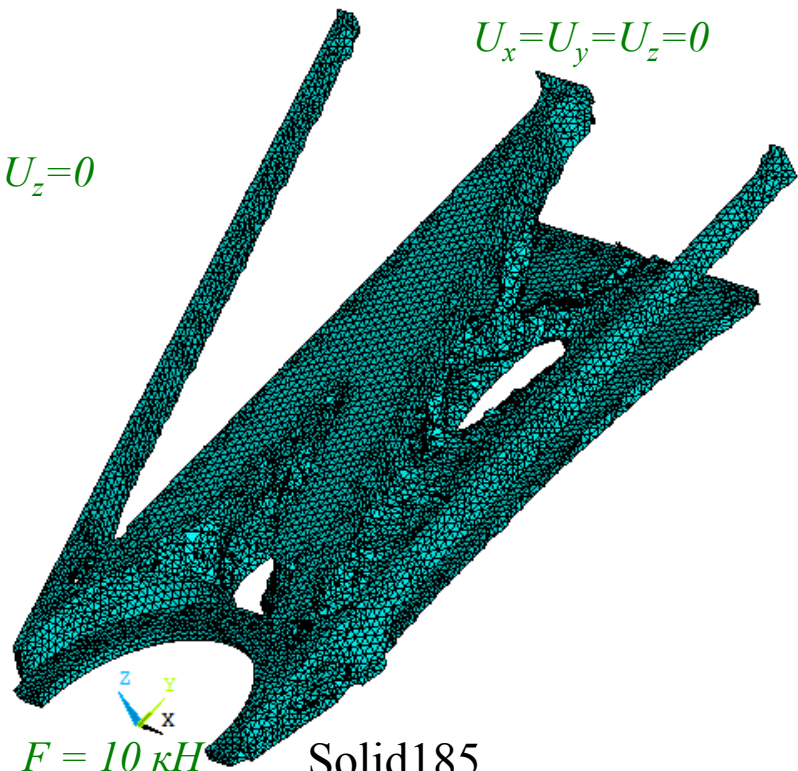


$F = 10 \text{ кН}$

Solid185

NNOD = 21768

NDOF = 65304



$U_x = U_y = U_z = 0$

$F = 10 \text{ кН}$

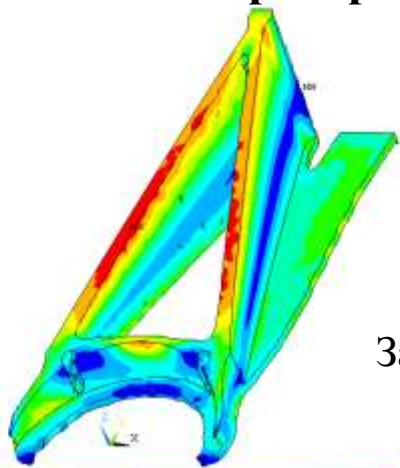
Solid185

NNOD = 21763

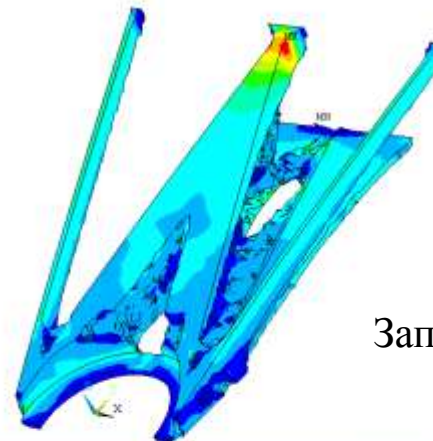
NDOF = 65289

Результаты КЭ анализа

Поле распределения эквивалентных напряжений по Мизесу:



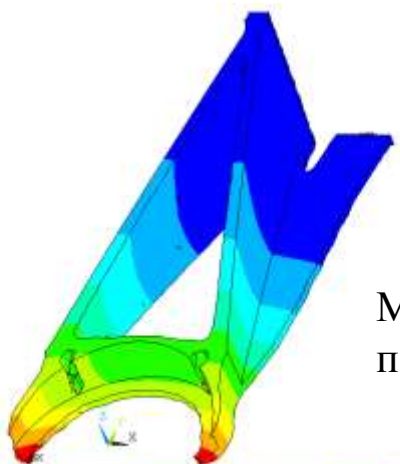
Запас прочности: 1.24



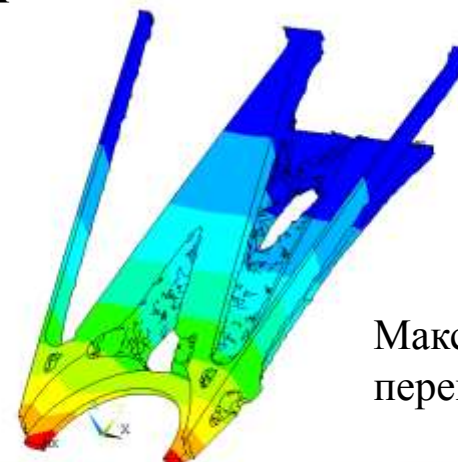
Запас прочности: 0.98



Поле распределений перемещений:



Максимальное перемещение: 0.92 мм



Максимальное перемещение: 0.55 мм





КЭ постановка задачи литья

SolidThinking Click2Cast

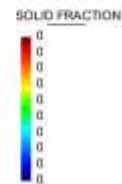
- Размер элемента: 2 мм
- $T_1 = 1600$ °C – температура стали
- $T_2 = 150$ °C – температура формы
- $T_k = 1400$ °C – температура кристаллизации
- Источник: плоскость заделки
- Литье под действием силы тяжести
- Время полного заполнения формы:
0.7 sec и 3 sec





Процесс литья

0.7 sec



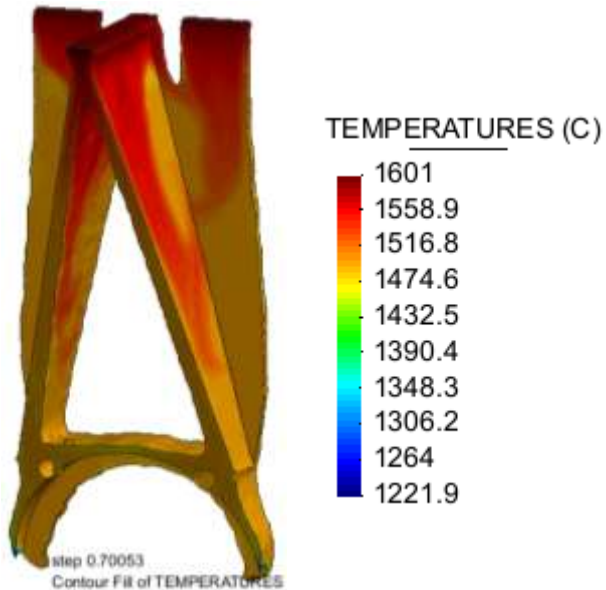
3 sec



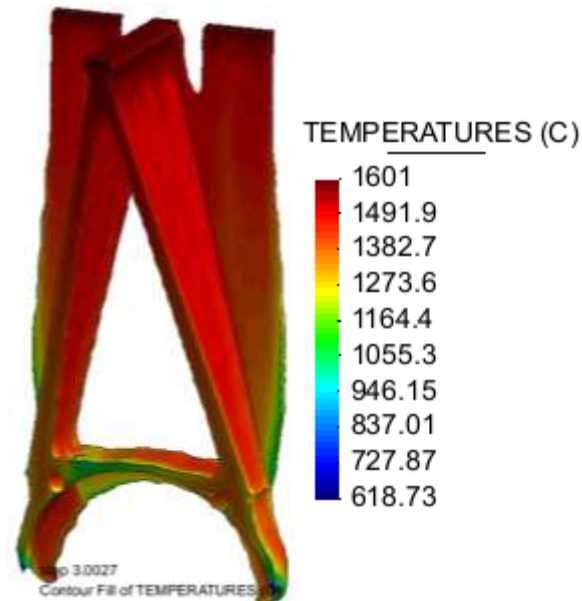
Анализ процесса изготовления

Поле распределения температур в конечный момент времени:

0.7 sec

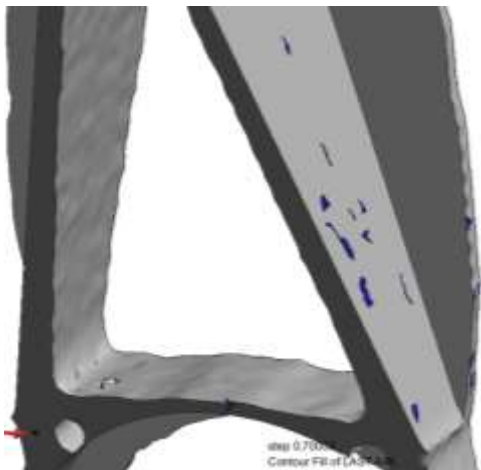


3 sec

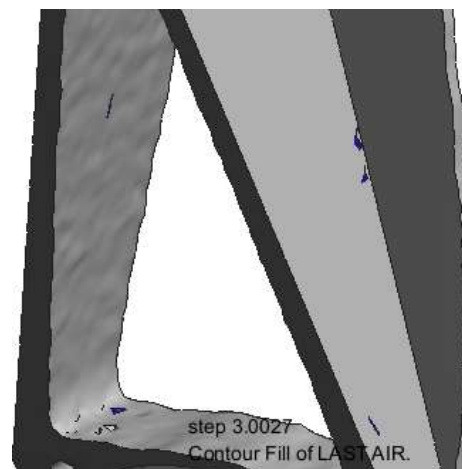


Воздушные полости в готовом изделии:

0.7 sec



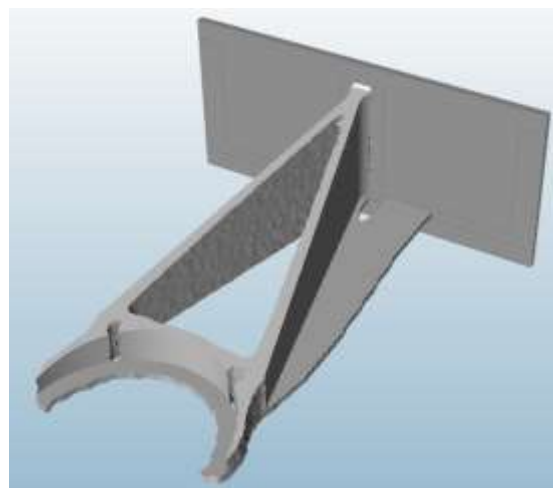
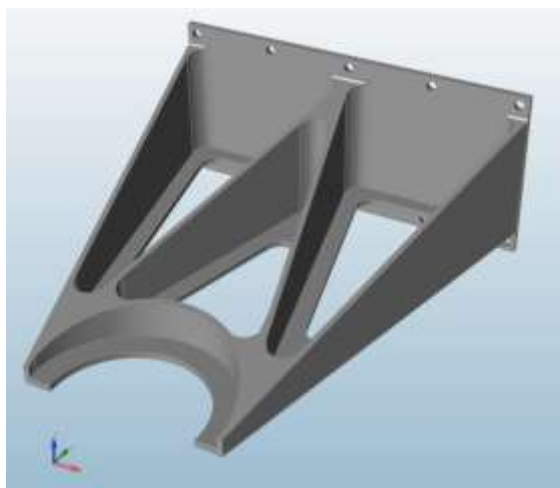
3 sec



Заключение

Найдена оптимальная форма опоры антенны.

- Уменьшение массы на 18%
- Увеличение запаса прочности на 0.15
- Максимальные перемещения в конструкции не превышают 1 мм
- Кронштейн пригоден к производству методом литья





Спасибо за внимание.