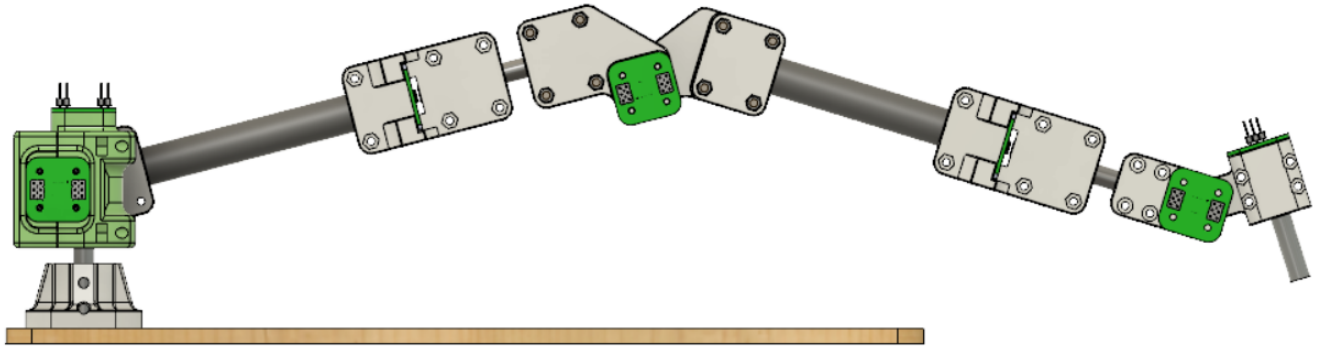
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ



Александр Аркадьевич Опочанский, “Теоретическая механика”

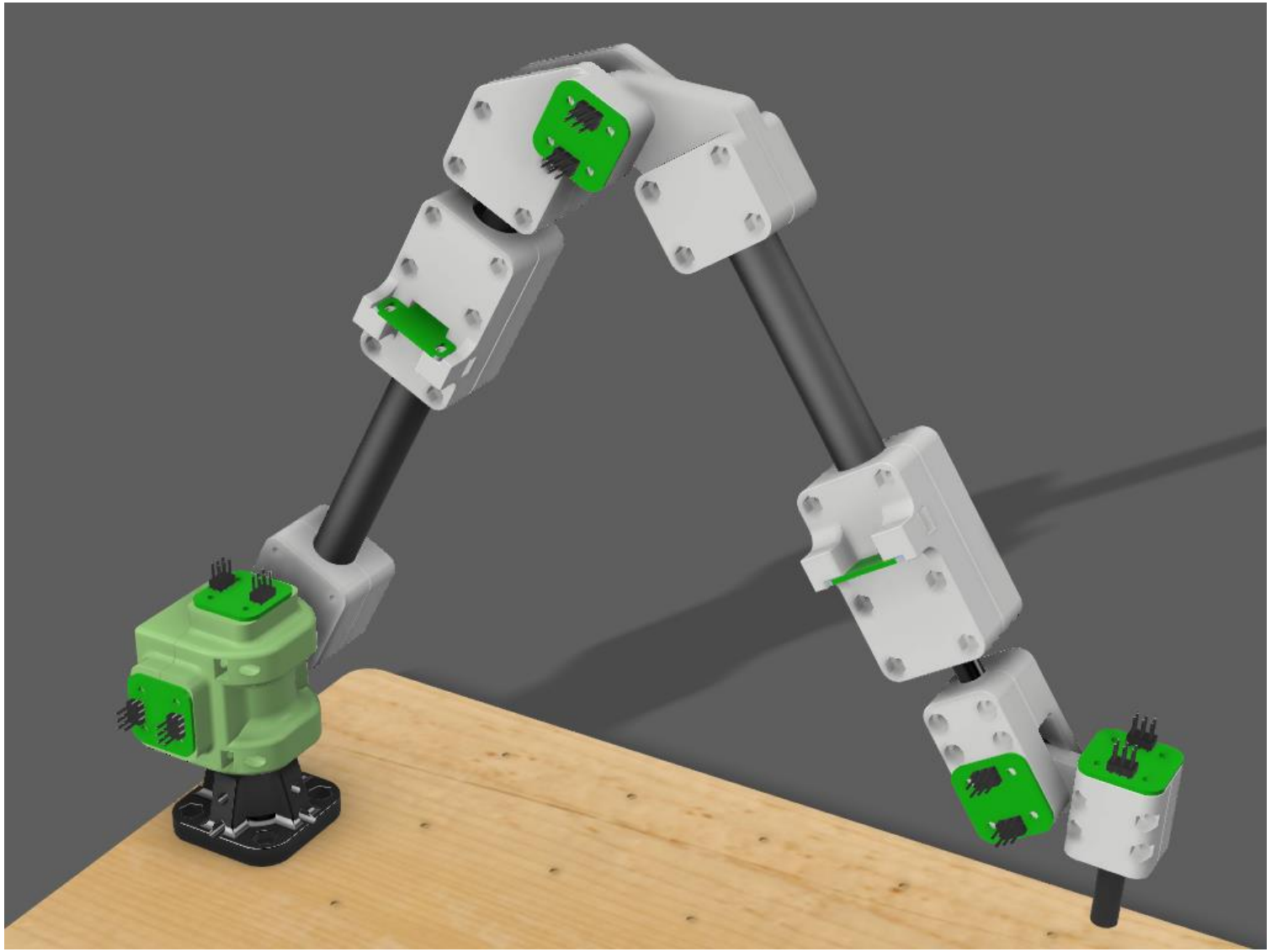
Науч. рук.: Полина Александровна Дятлова, к. т. н., доц. каф. “ТМ”

ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

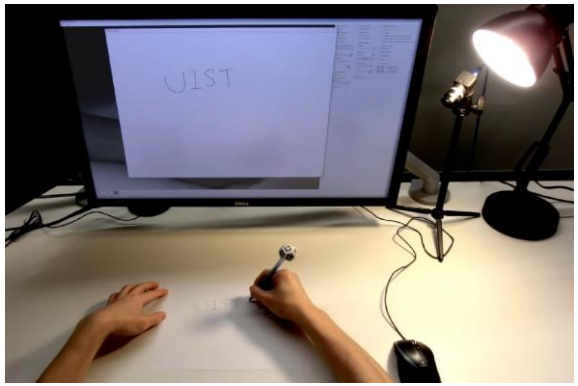
ФАБЛАБ ПОЛИТЕХ

Устройство | общий вид

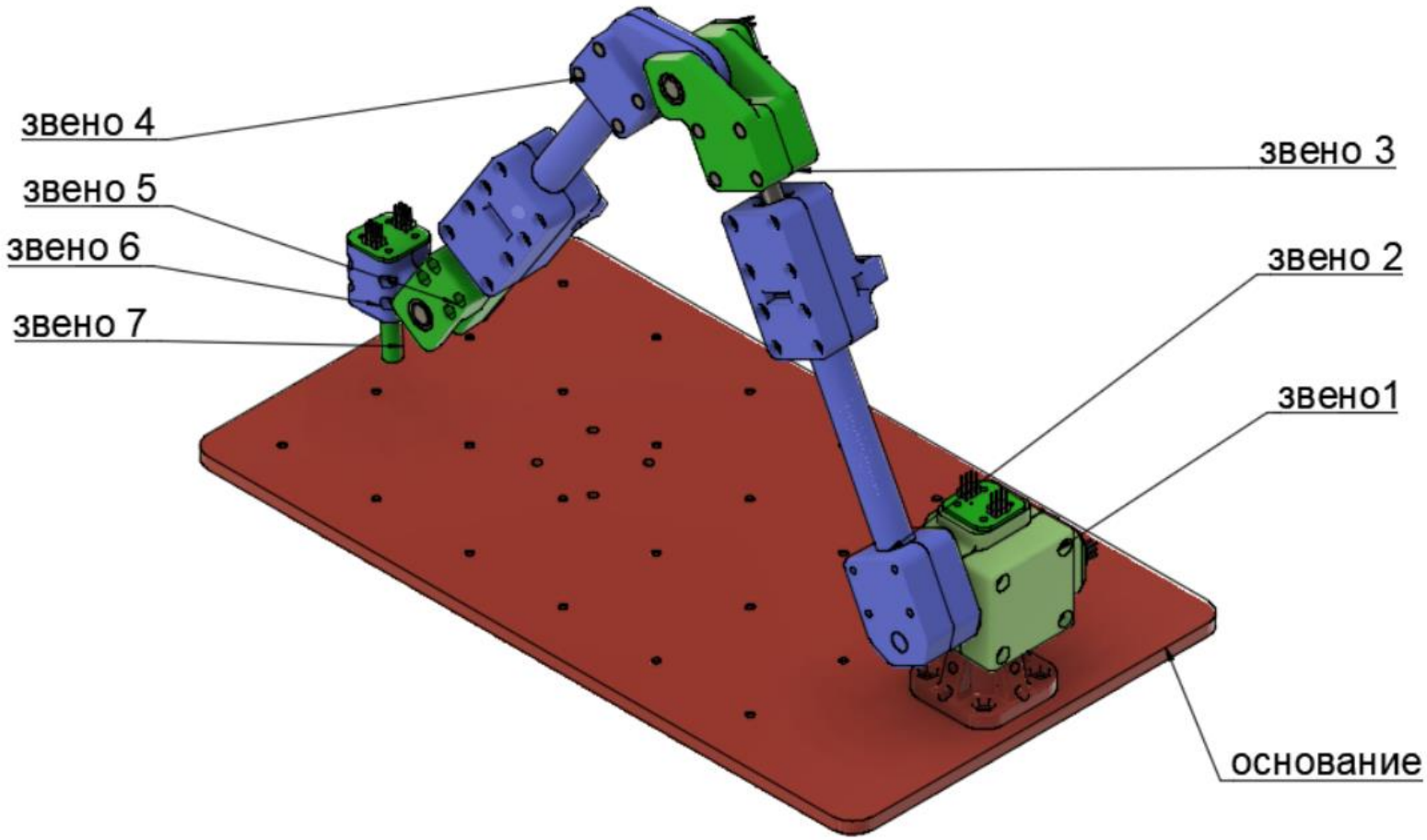


Актуальность работы | области применения

- Система для позиционирования сканера
- Контроль геометрии изделия
- Контроллер для виртуальной реальности

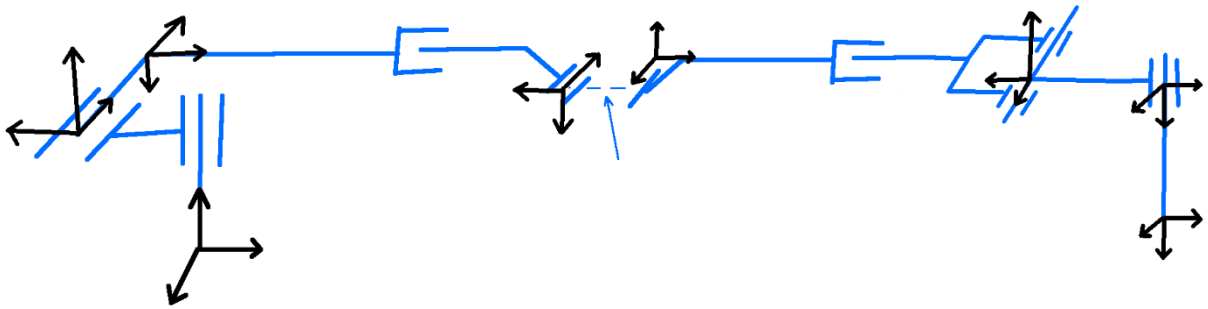


Устройство | общий вид



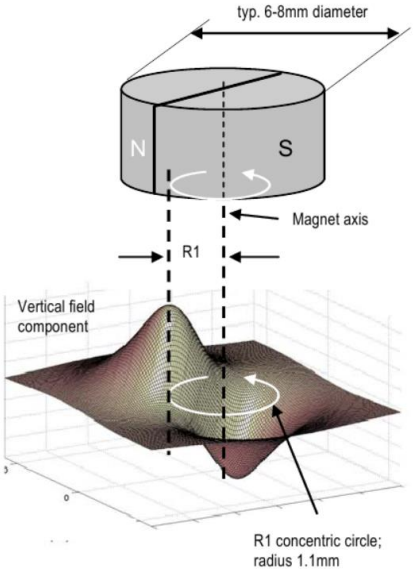
Устройство | кинематическая схема

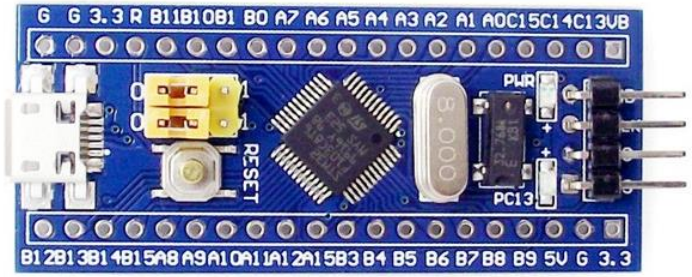
Семь звеньев, между собой имеют одну степень свободы.



Устройство | электронные компоненты

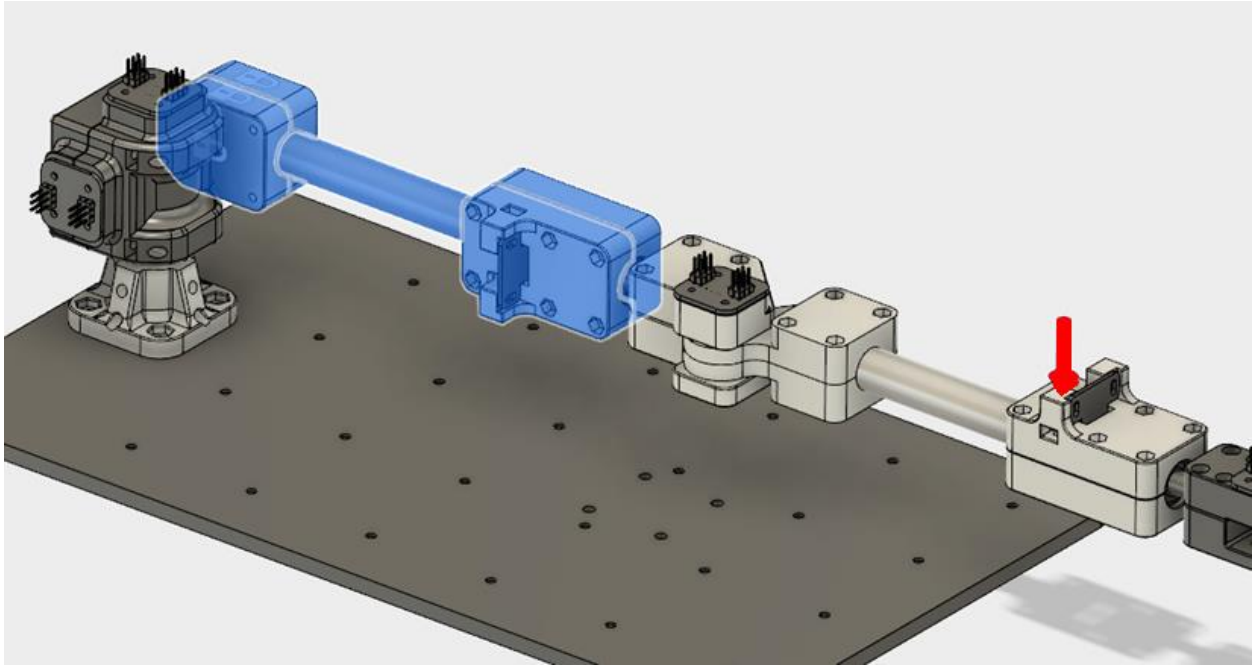
- Микроконтроллер STM32f103
- Магнитный датчик угла поворота AS5048, разрешение 14 бит





Моделирование | постановка задачи

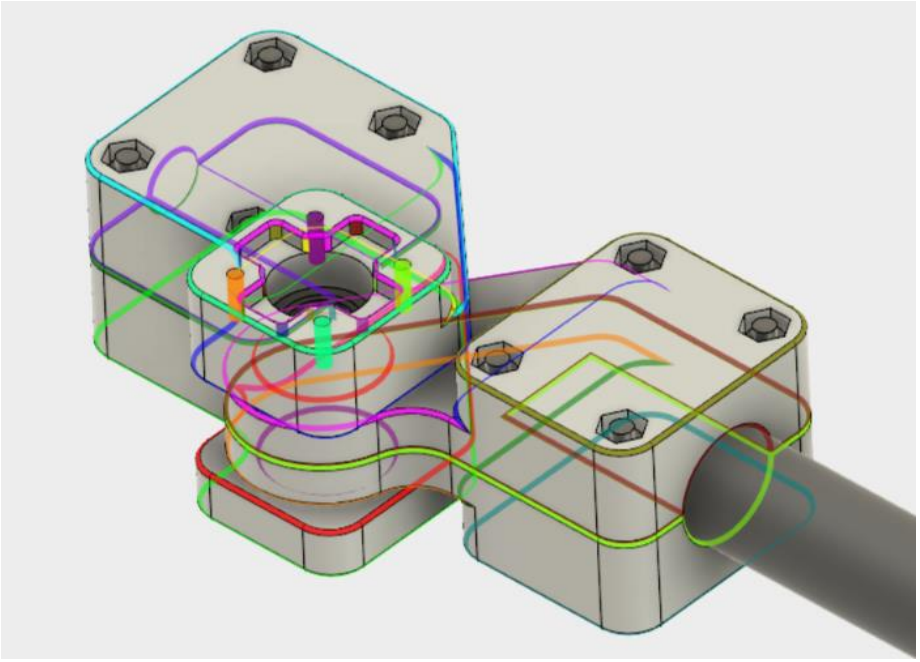
При фиксации звена и приложении нагрузки возникают деформации в узле 4.

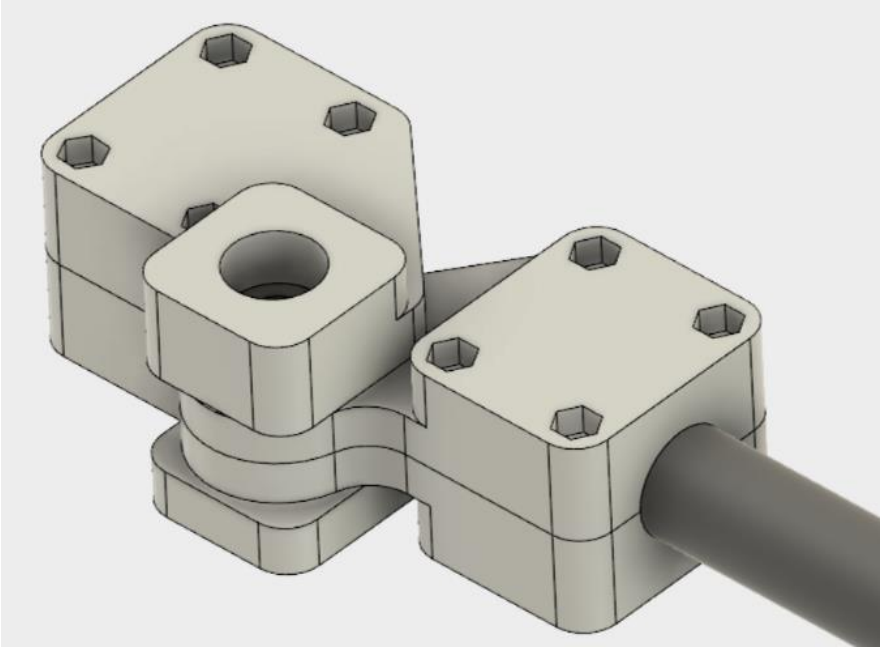


Моделирование | упрощение

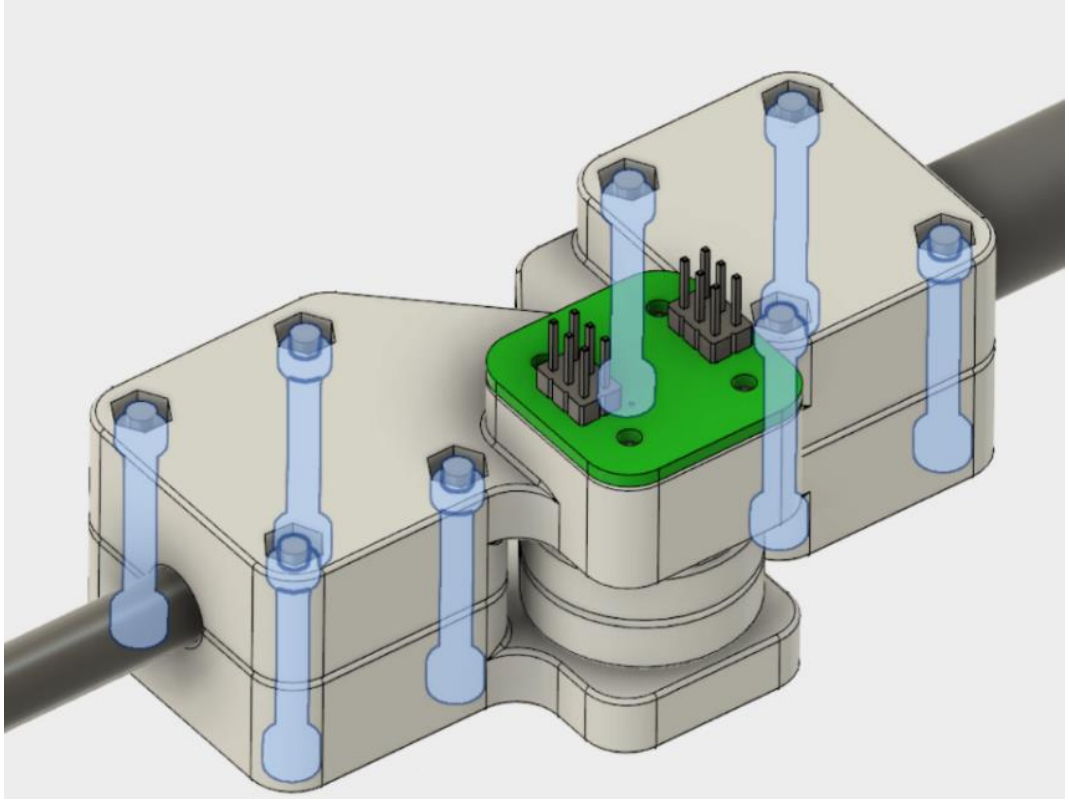
Удаляются:

- Фаски
- Скругления
- Некоторые отверстия

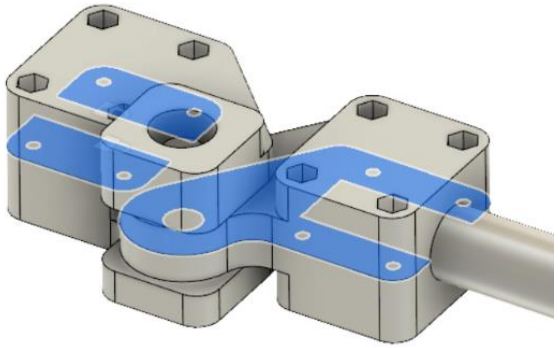




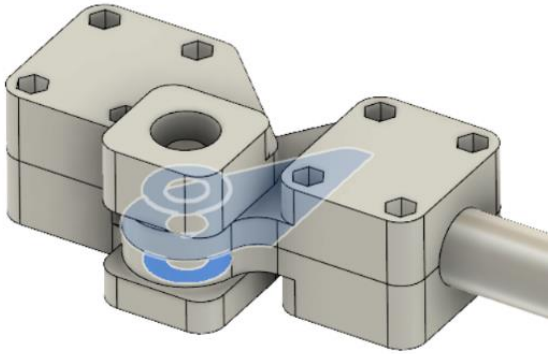
Моделирование | контакты



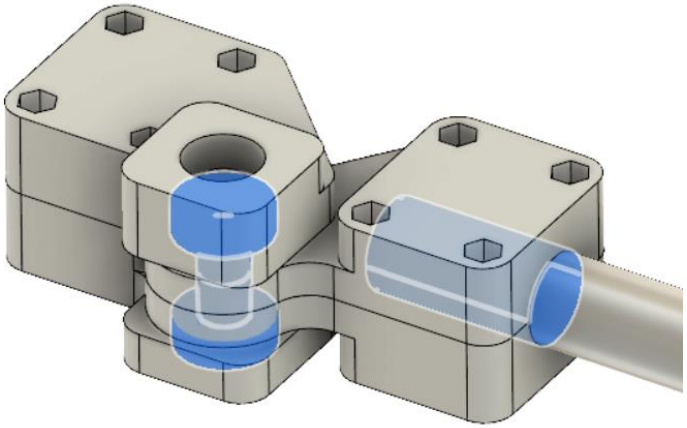
Моделирование | контакты



Bounded



Separation

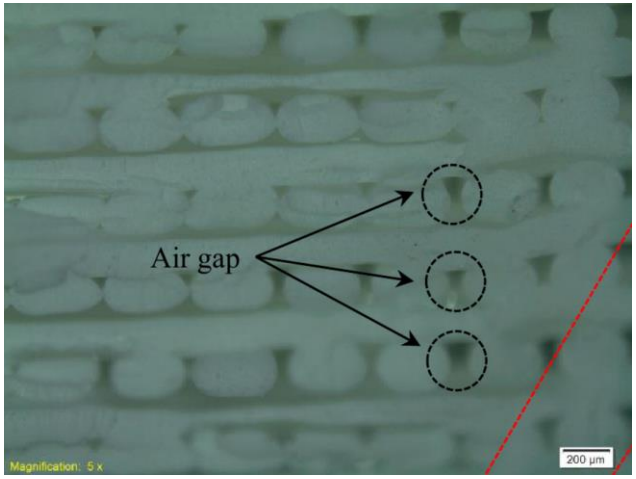


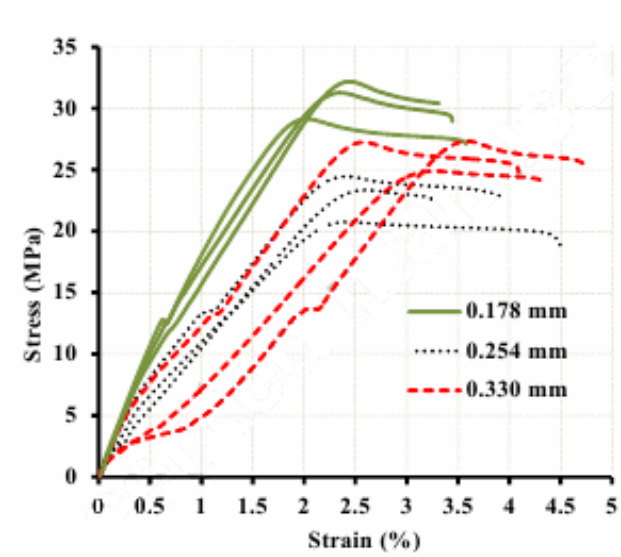
Rough

Моделирование | свойства материала

Приближение анизотропного материала изотропным

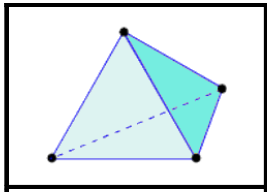
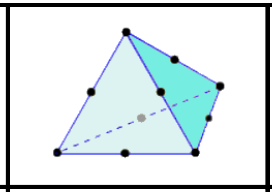
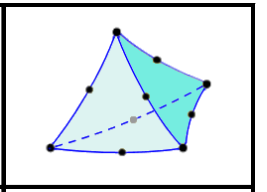
Вдоль слоёв		Поперёк слоёв		Монолитный материал (справка) [ABS General Purpose]	
σ, МПа	E, ГПа	σ, МПа	E, ГПа	σ, МПа	E, ГПа
29,6	1,27	19.7	2.34	41-60	2,2-2,9

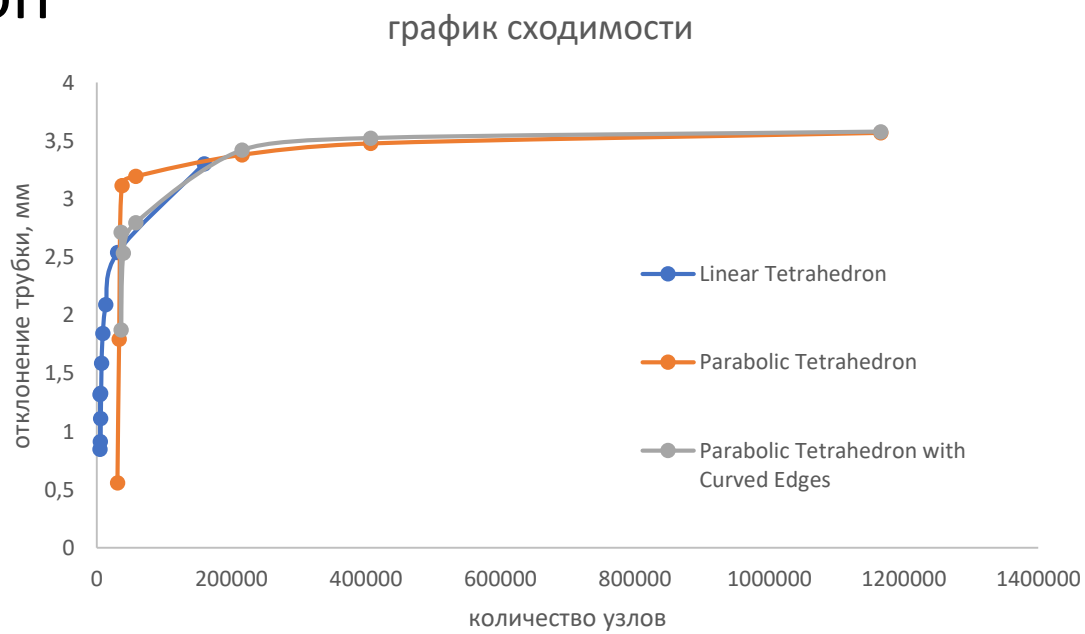




Моделирование | выбор конечного элемента

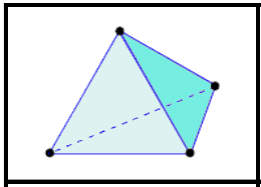
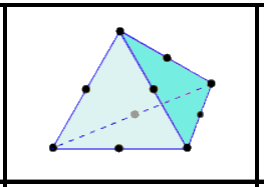
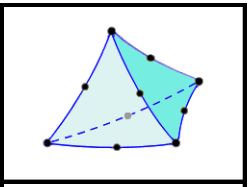
- Проведены вычислительные эксперименты с разными элементами
- Как наиболее подходящий выбран Parabolic Tetrahedron

		
Linear Tetrahedron (4 Узла)	Parabolic Tetrahedron (10 Узлов)	Parabolic Tetrahedron with Curved Edges (10 Узлов)



Моделирование | выбор конечного элемента

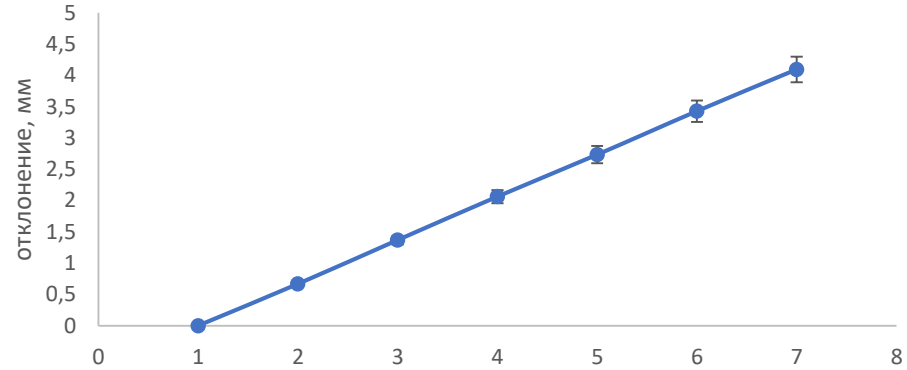
- Проведены вычислительные эксперименты с разными элементами
- Как наиболее подходящий выбран Parabolic Tetrahedron

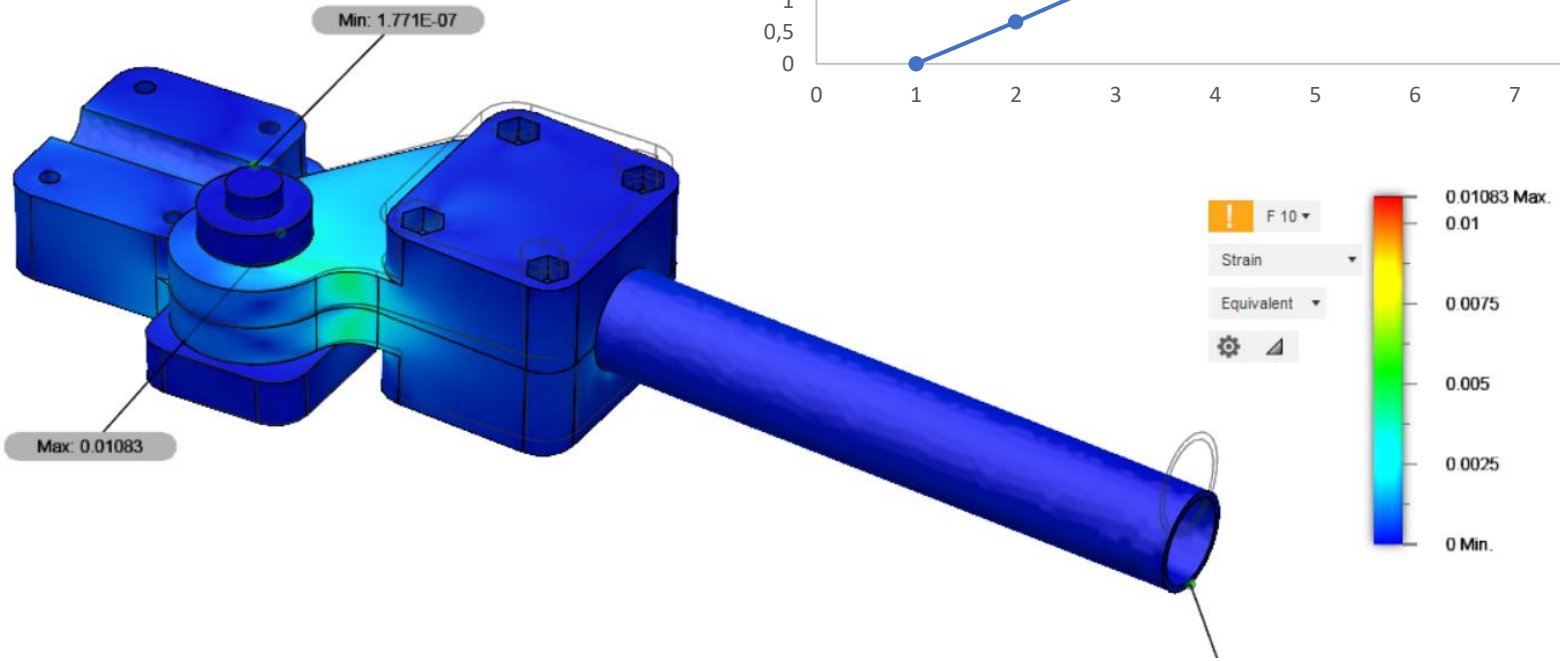
		
Linear Tetrahedron (4 Узла)	Parabolic Tetrahedron (10 Узлов)	Parabolic Tetrahedron with Curved Edges (10 Узлов)

Моделирование | результаты

- Линейная зависимость от приложенной нагрузки

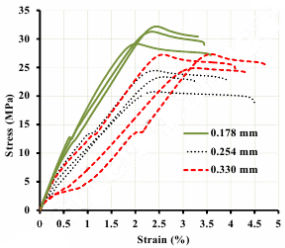
Отклонение свободного конца балки в направление прикладываемого усилия

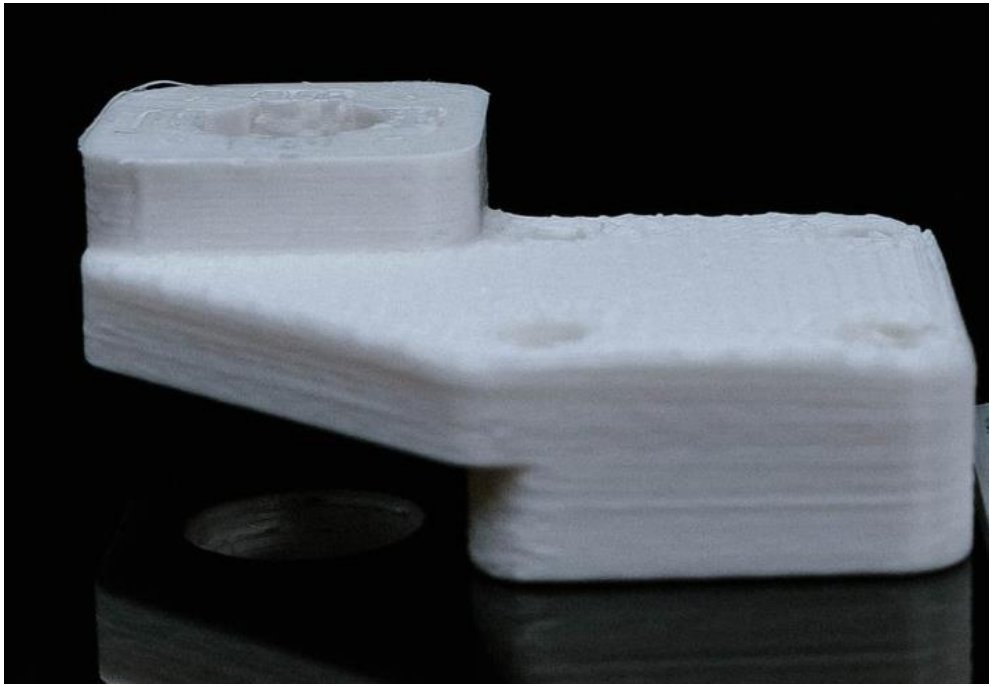




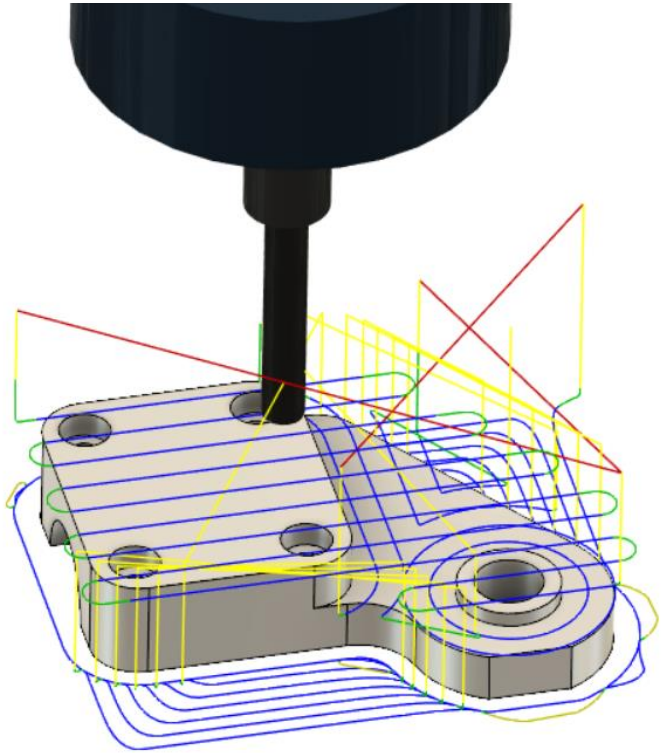
Изготовление | печать

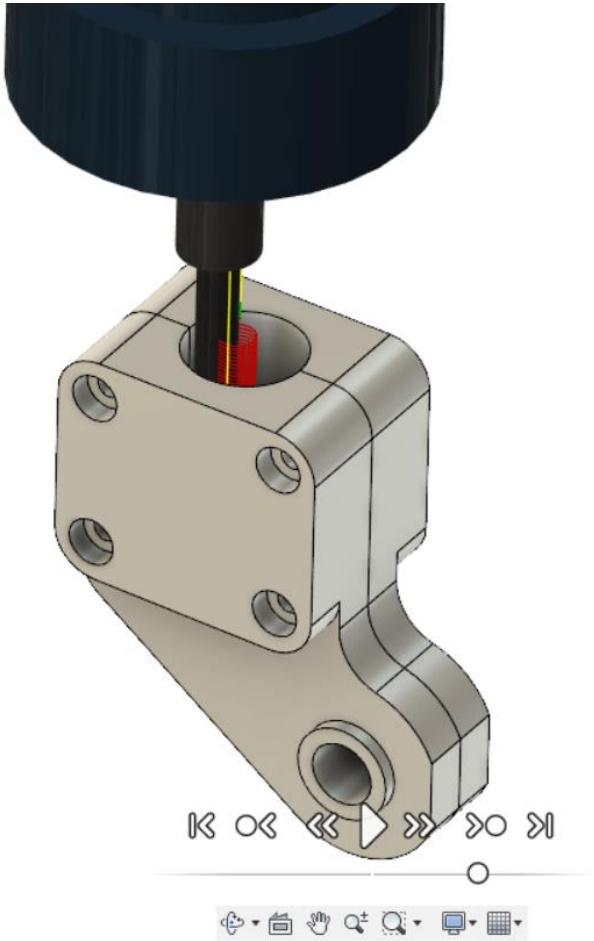
- Заполнение 100%
- Толщина слоя 0,2мм



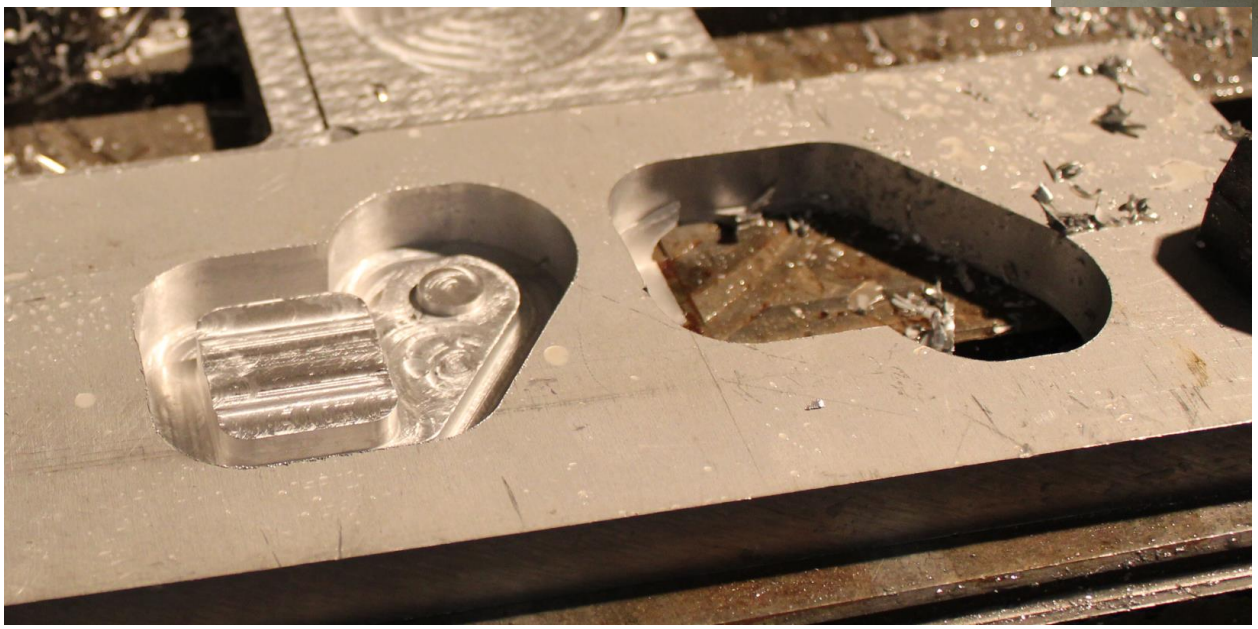


Изготовление | фрезеровка



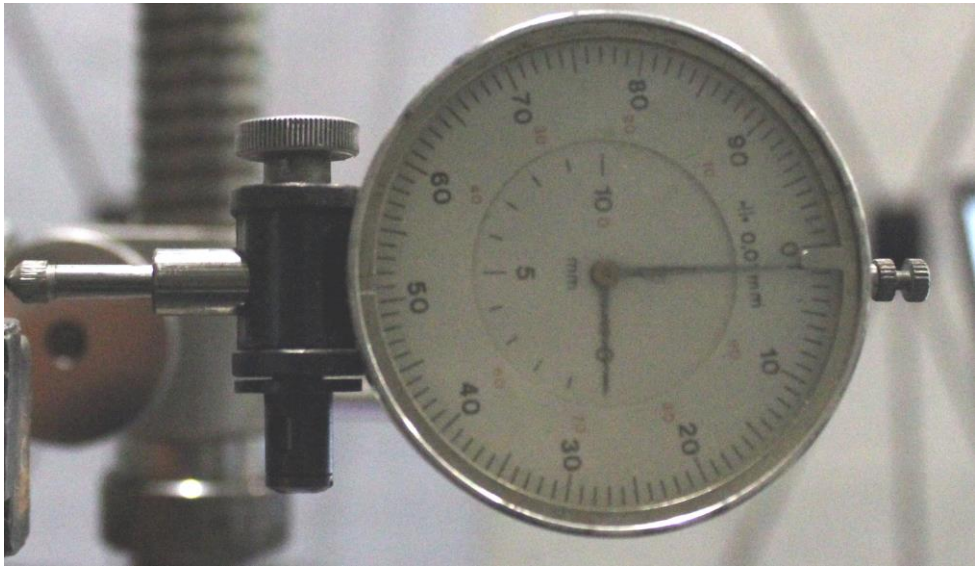


Изготовление | фрезеровка

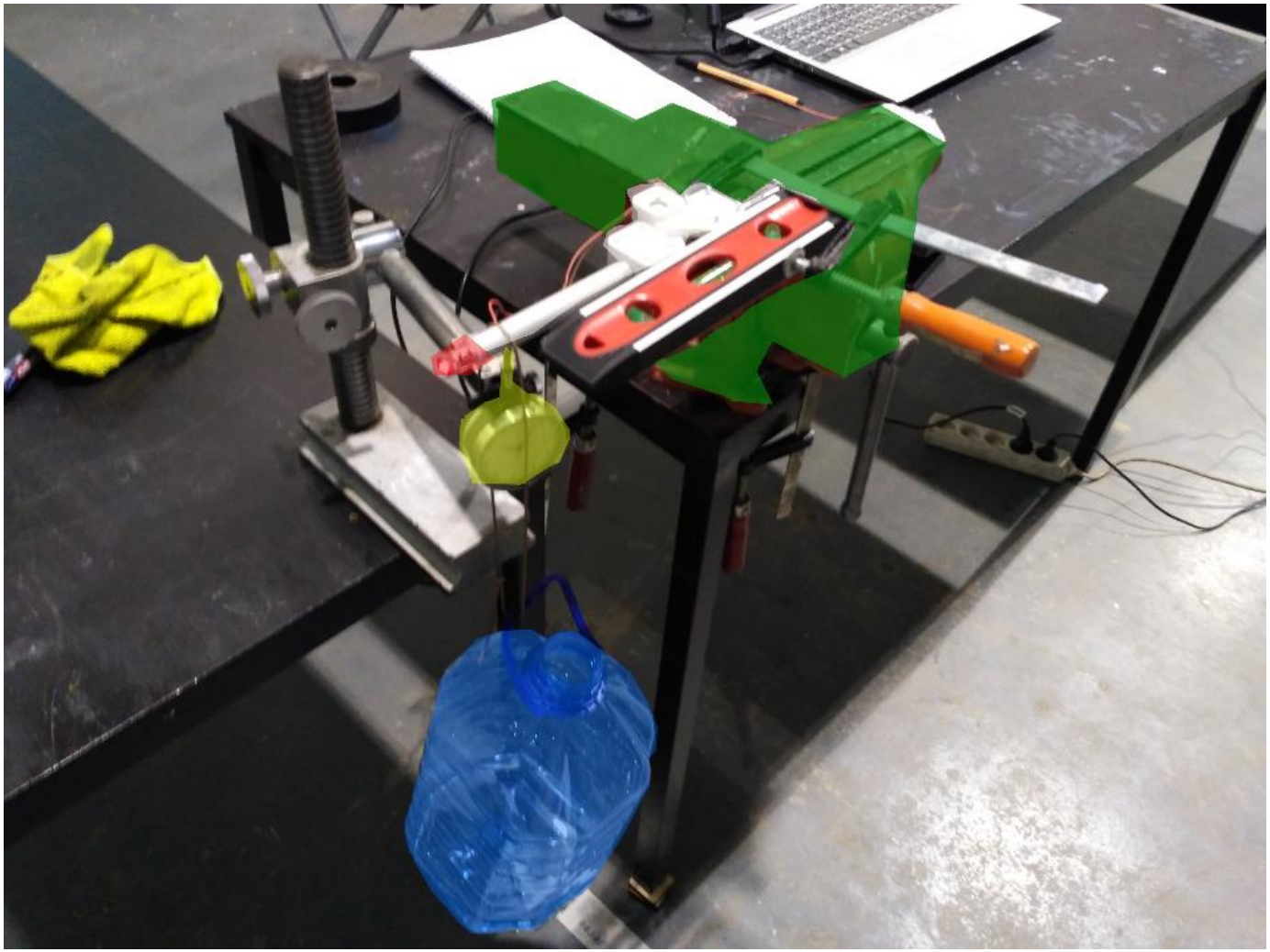


Эксперимент | измерительные устройства

Индикатор часового типа TGL-7682-0 на штативе

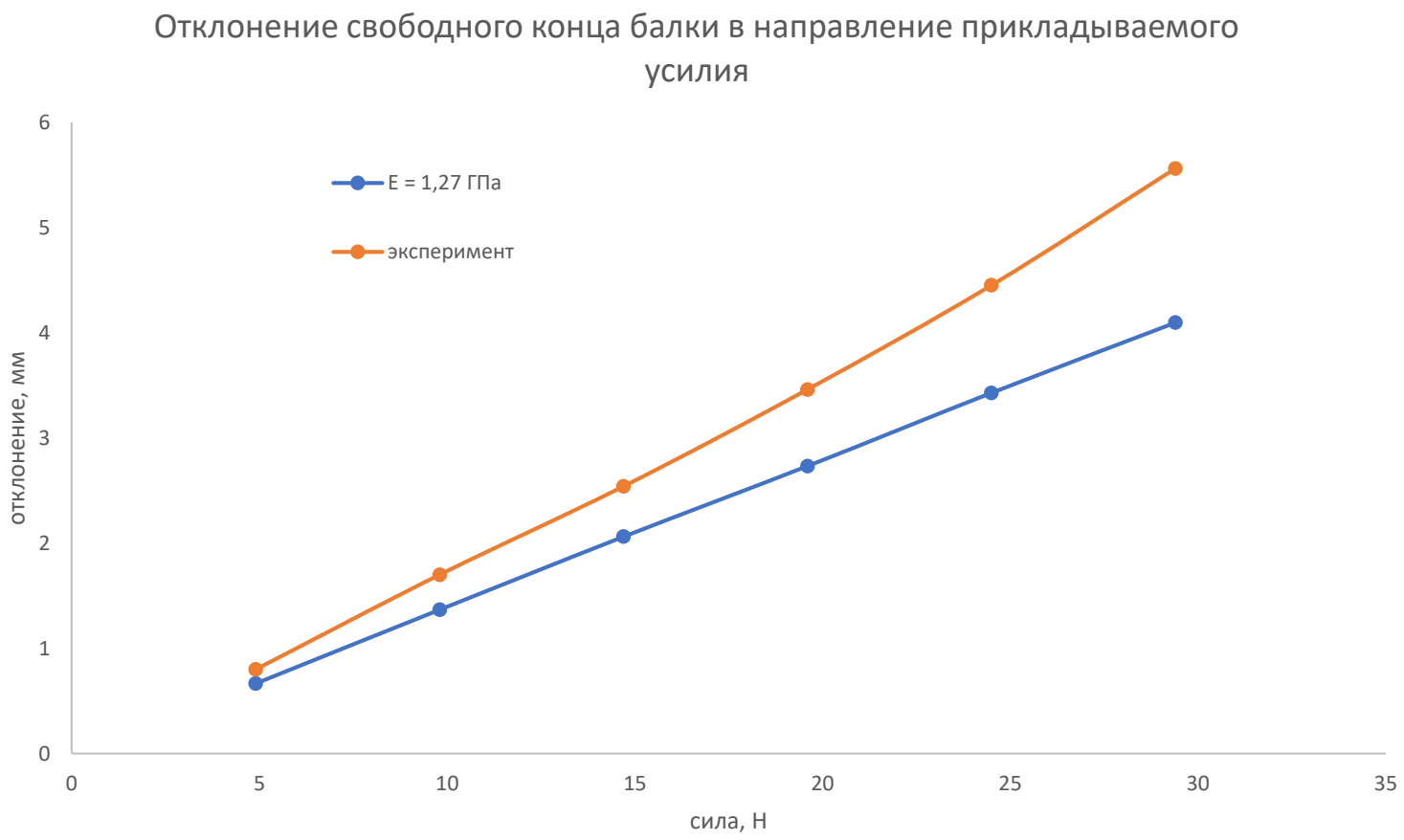


Эксперимент | окружение



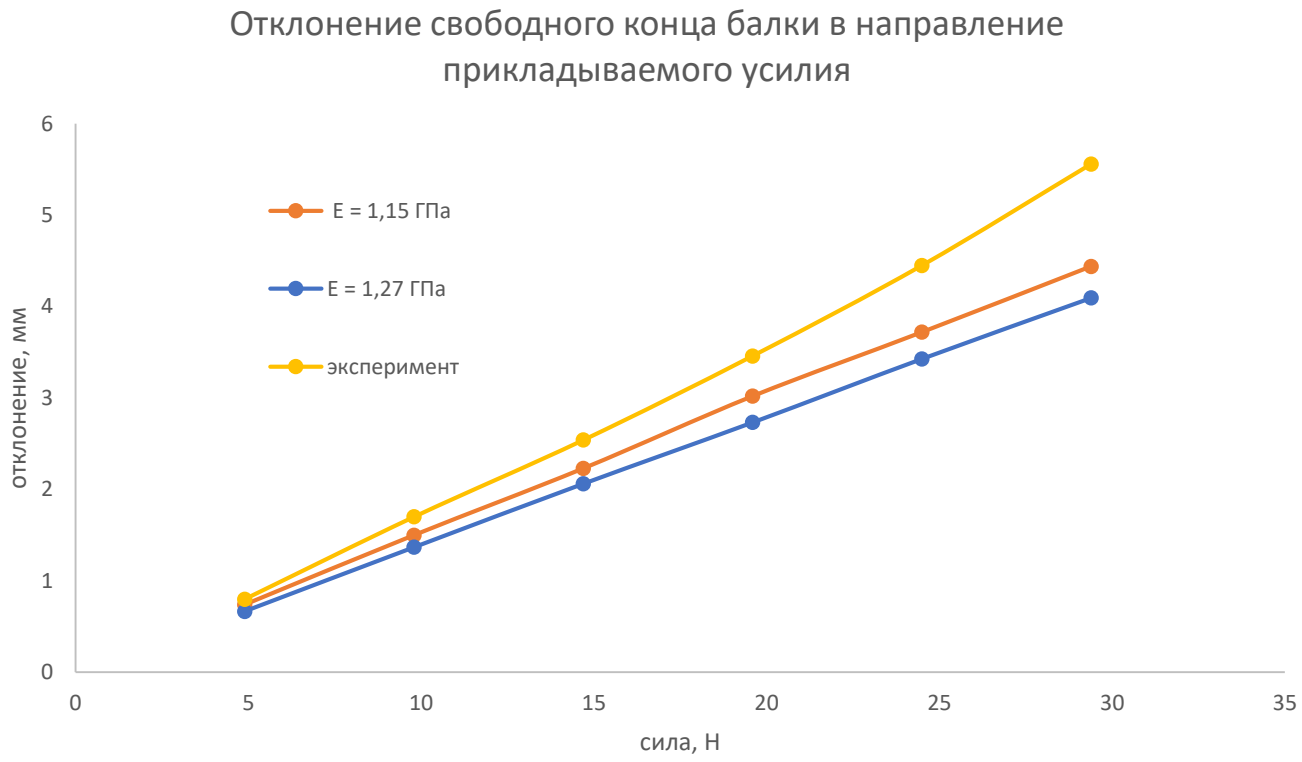
Эксперимент | Результаты

- E = 1,25 ГПа
- Максимальная невязка 26%



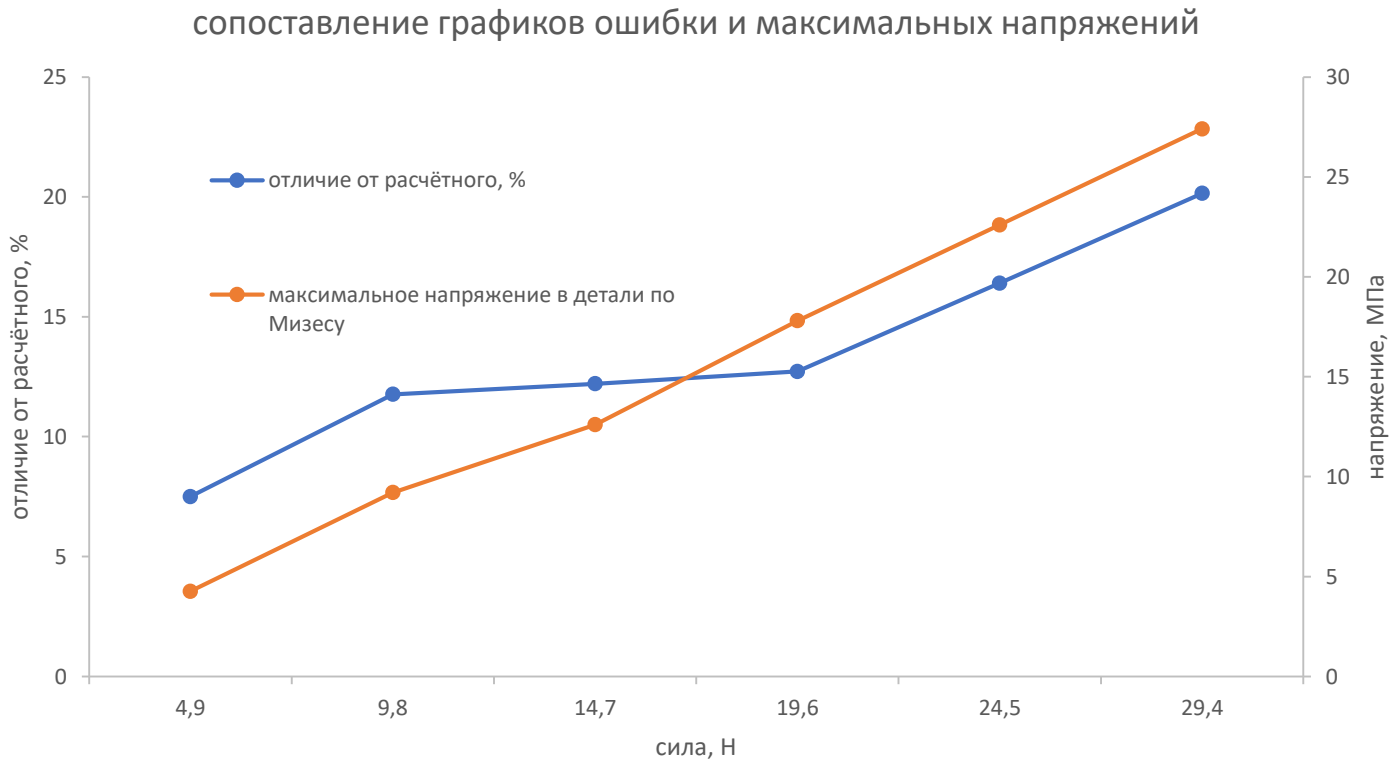
Эксперимент | Результаты

- E = 1,25 ГПа
- Максимальная невязка 20%



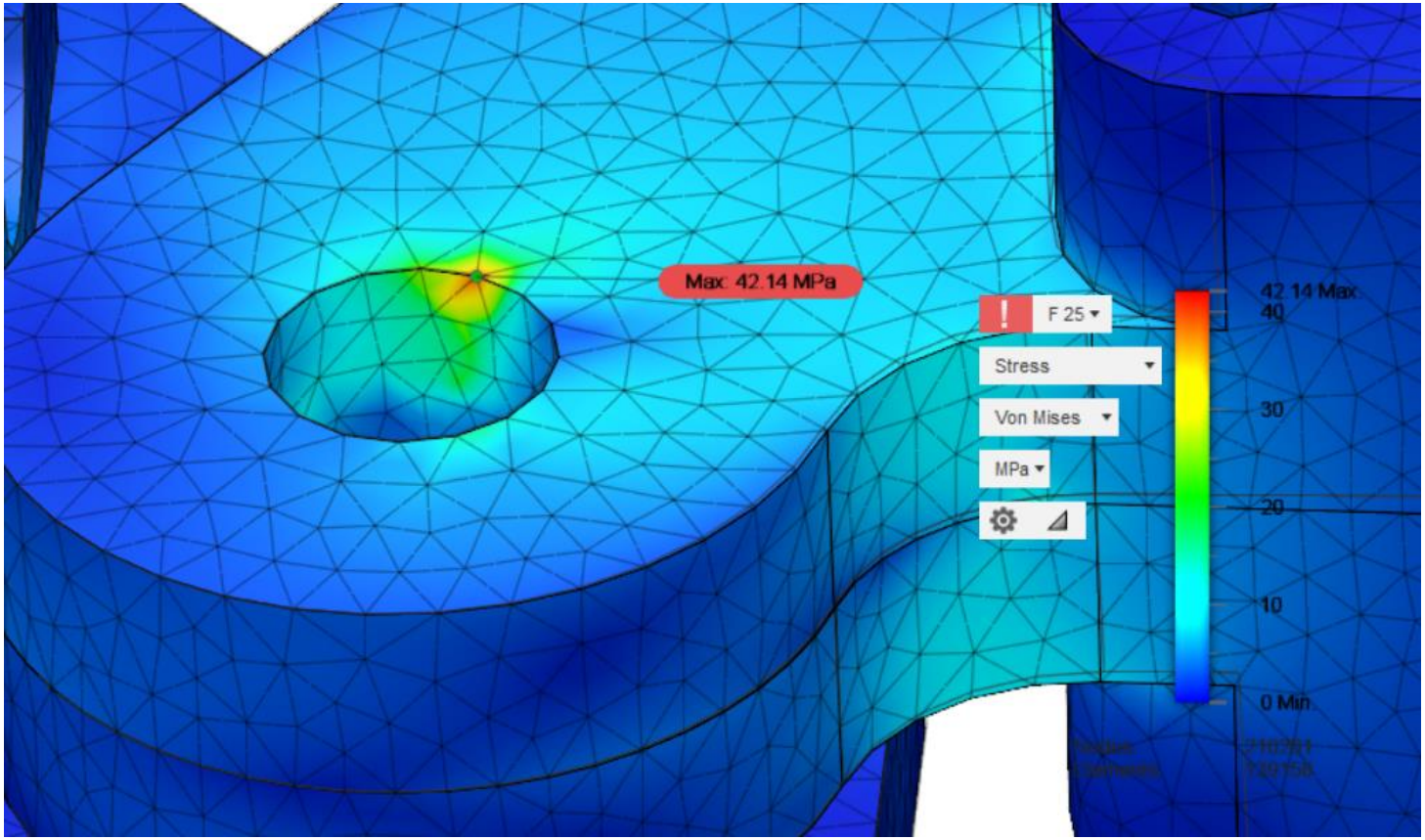
Эксперимент | Результаты

- Участок линейных деформаций
- Невязка на горизонтальном участке 12%



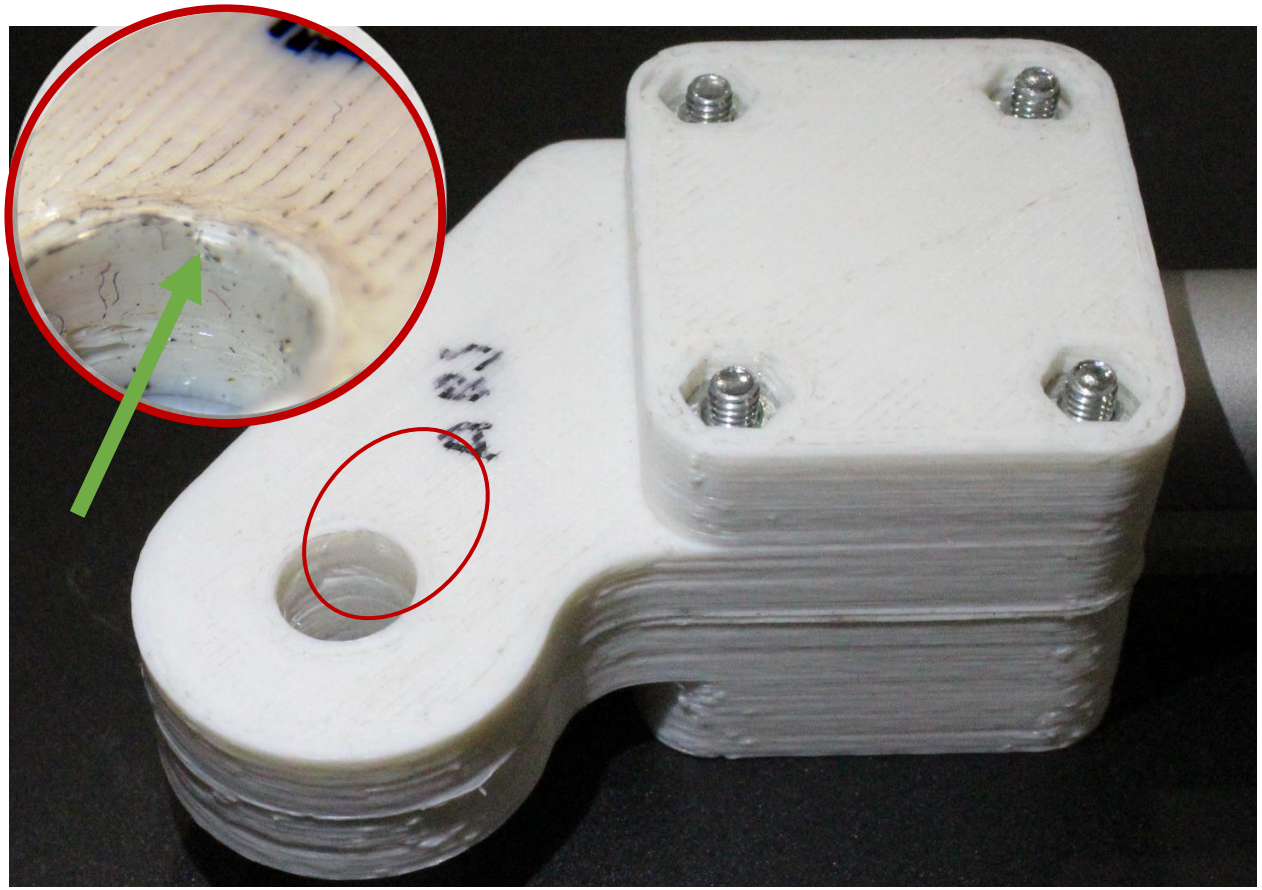
Эксперимент | Результаты

- Ищем место где возникает наибольшее напряжение
- Вот оно



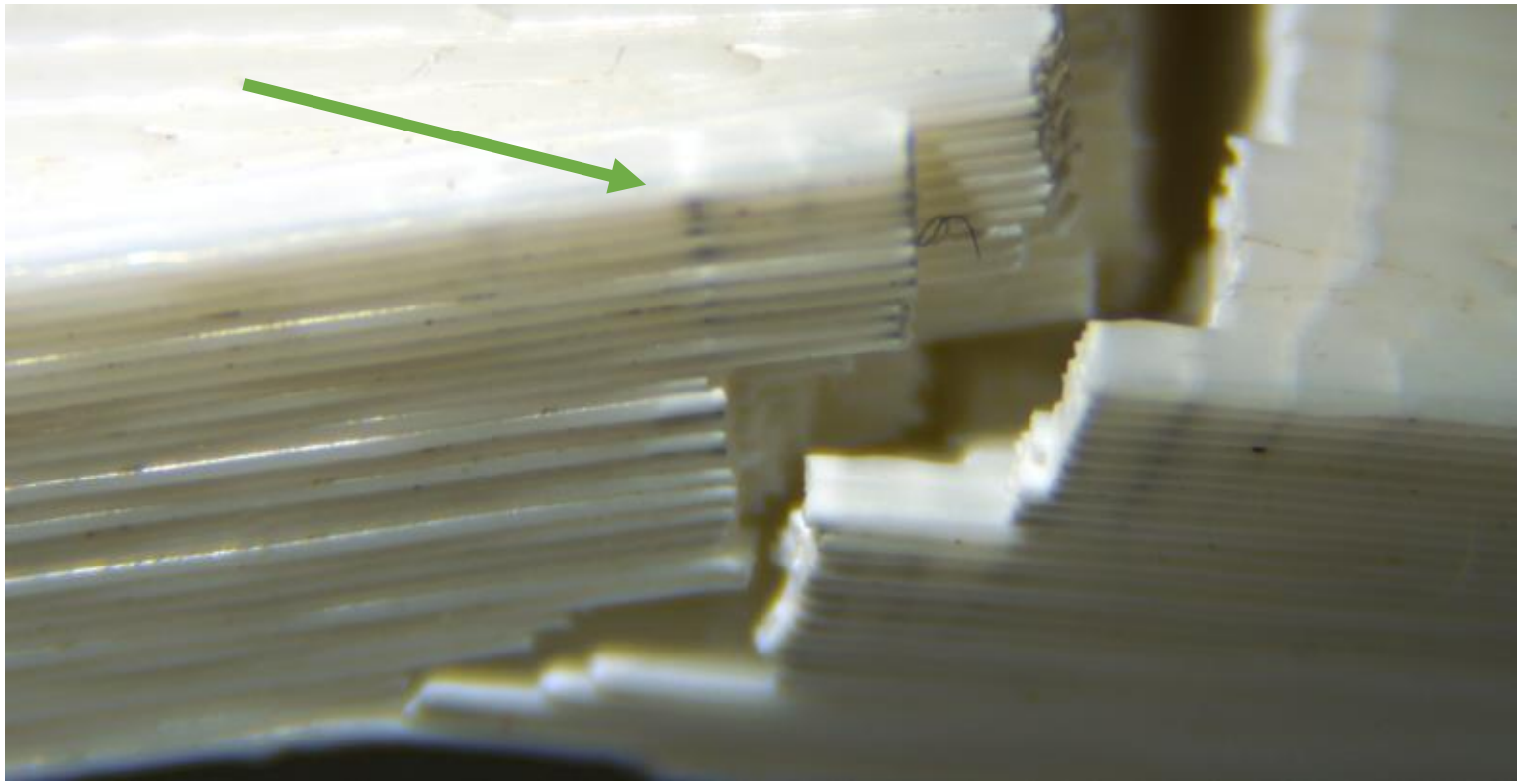
Эксперимент | Результаты

- Смотрим на деталь.
- Видна посветлевшая область

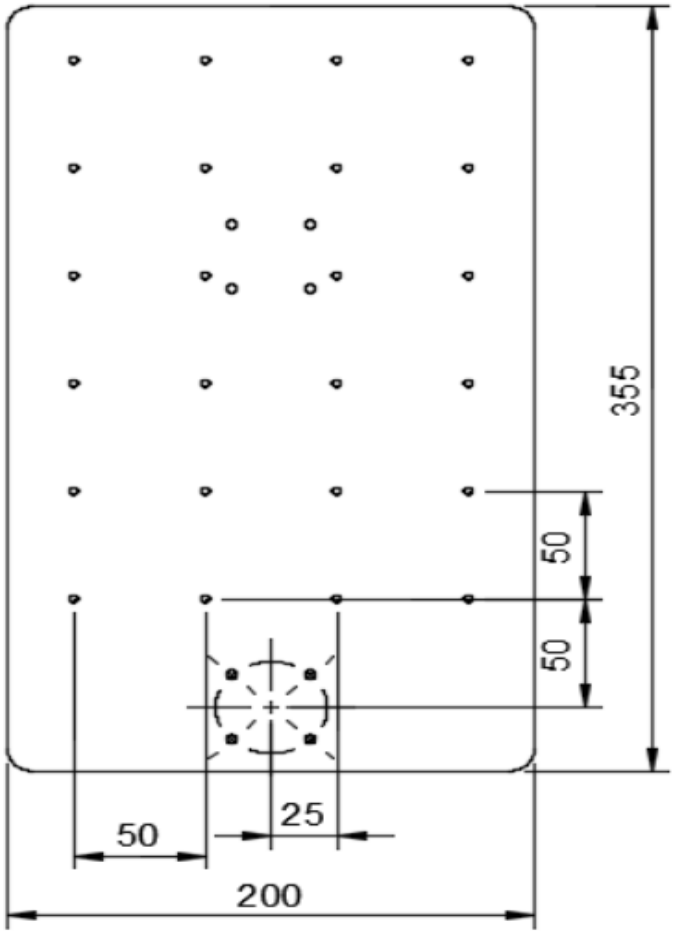


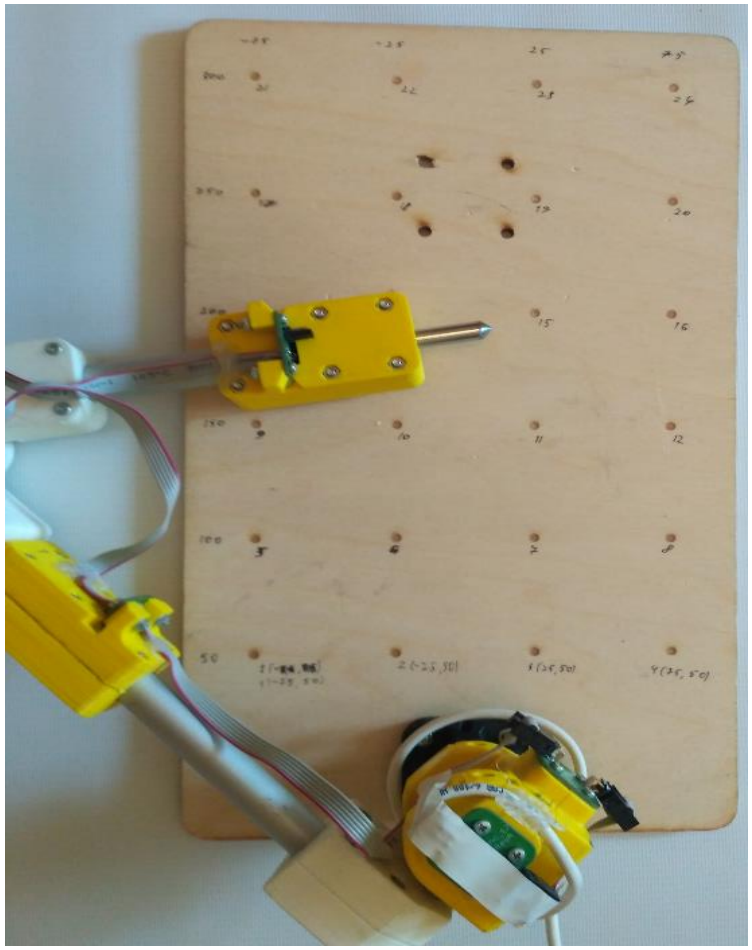
Эксперимент | Результаты

Характерное побеление материала в местах пластической деформации



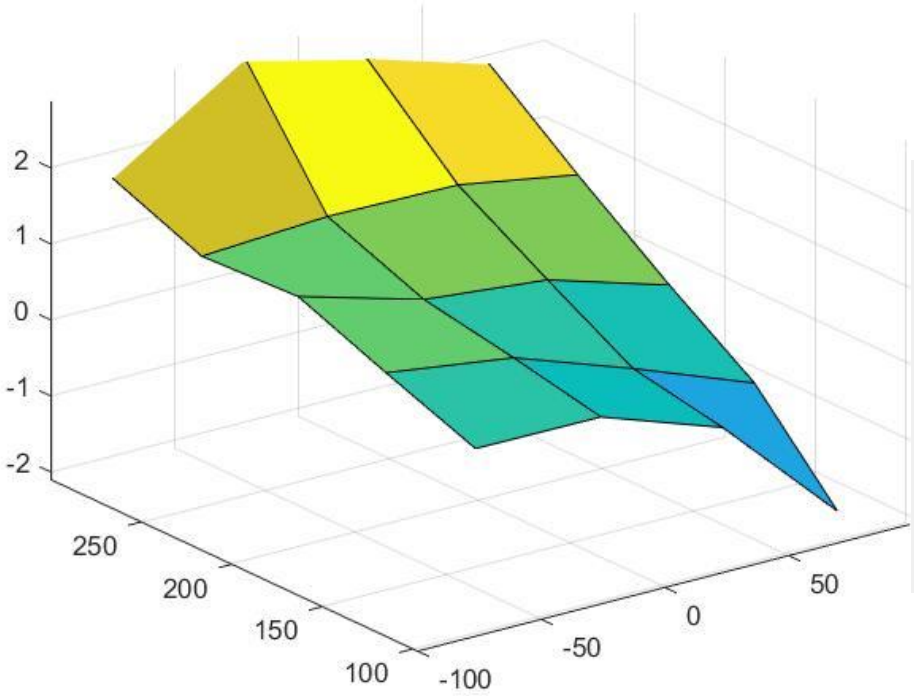
Готовое устройство | проверка

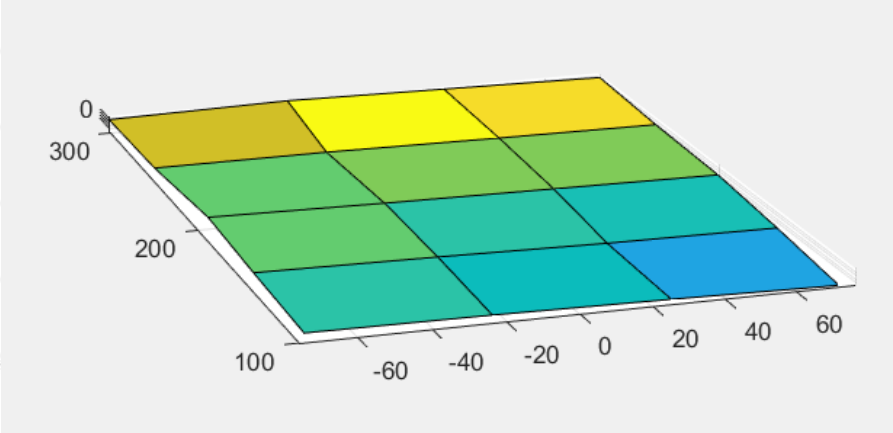




Готовое устройство | проверка

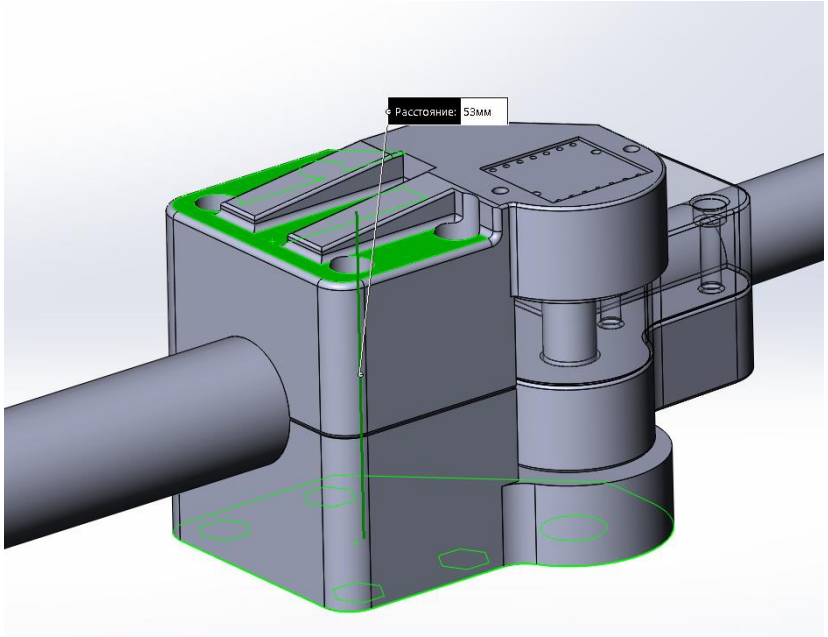
- Погрешность: 2мм
- Наблюдаются систематические отклонения, необходимо совершенствование алгоритма калибровки
- Повторяемость 0,5мм

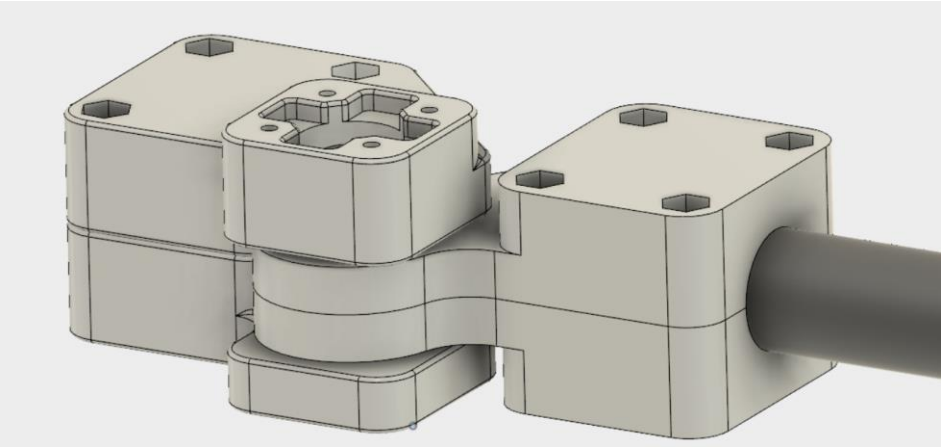


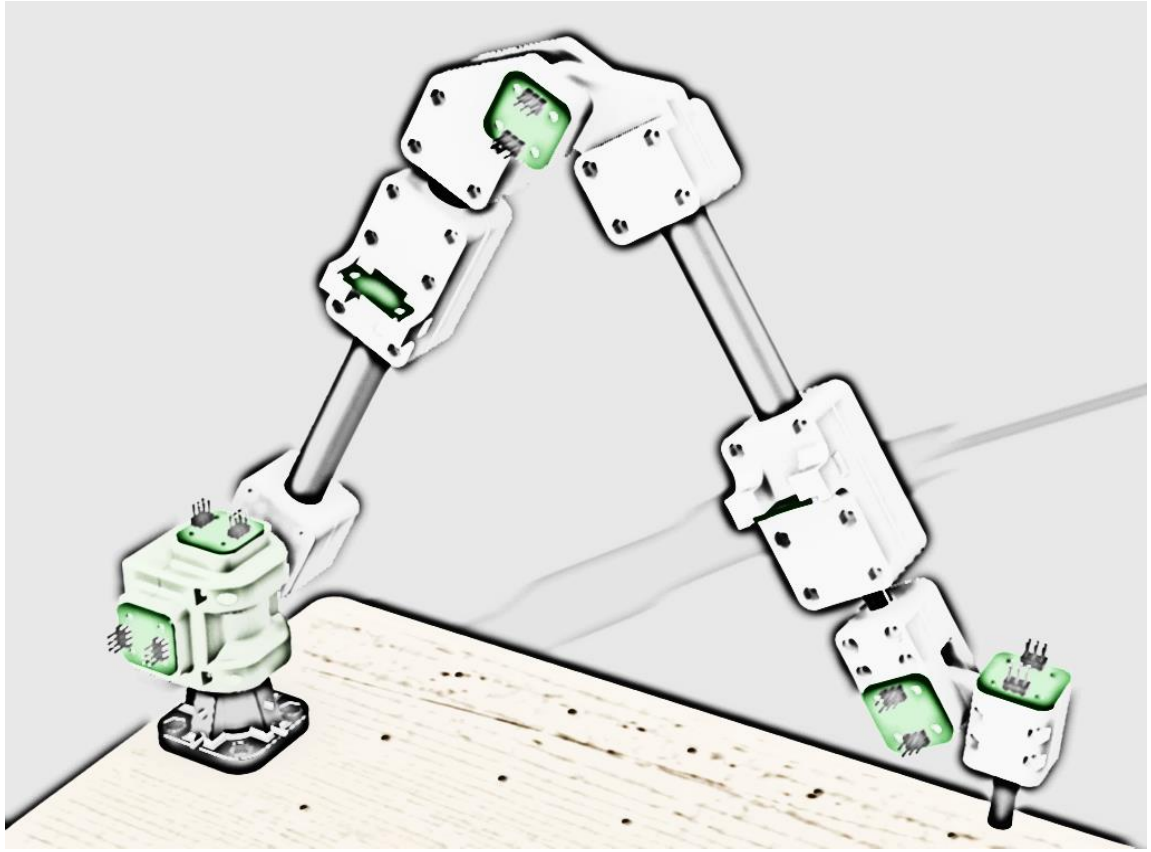


Результаты

- Улучшена геометрия узла
- Получен опыт моделирования в программе Fusion 360
- Даны рекомендации по моделированию деталей, изготовленных методом 3D печати
- Разработано устройство, отвечающее заданным требованиям

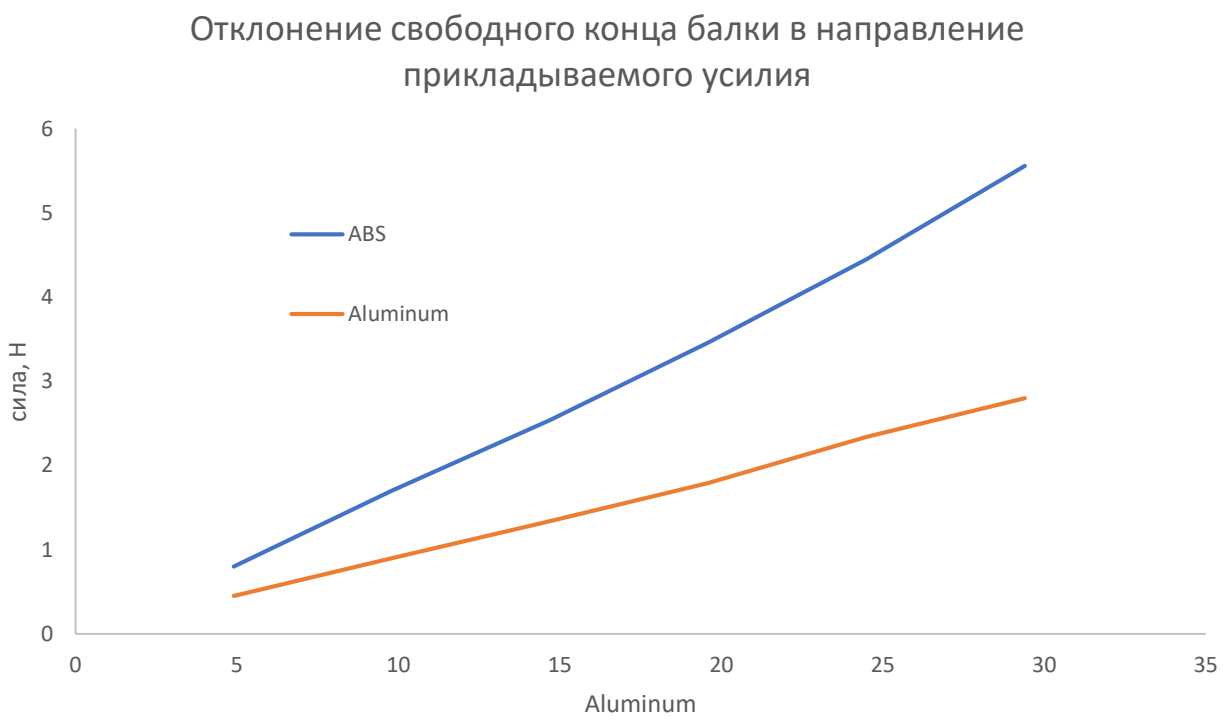


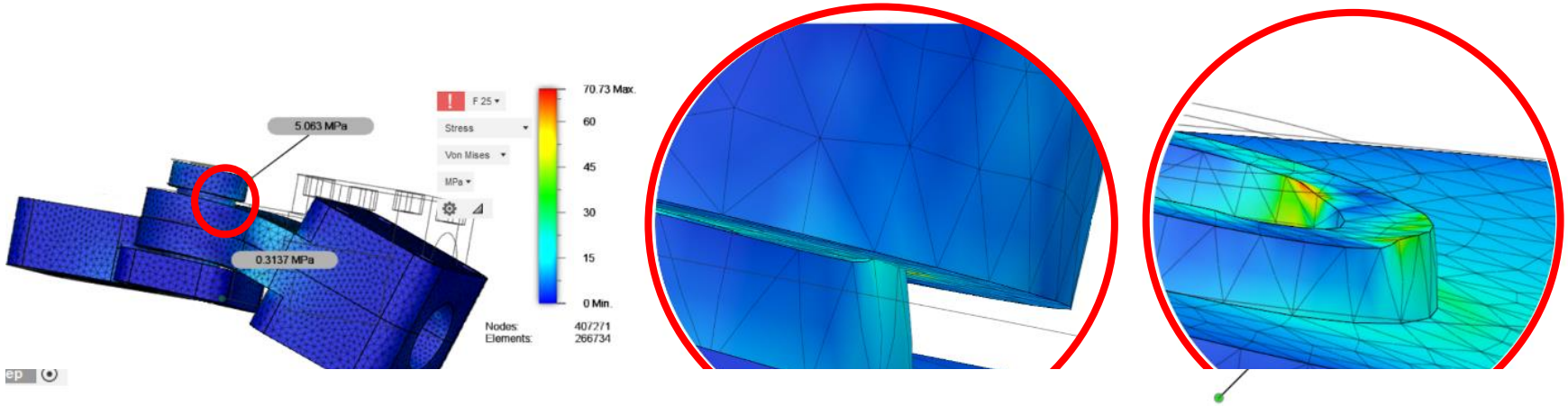


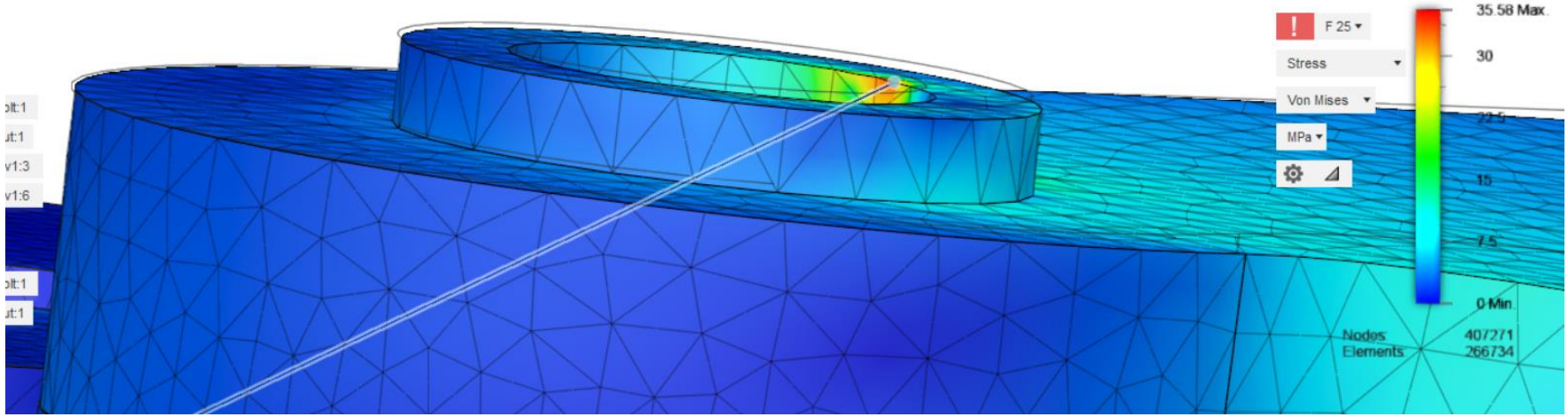
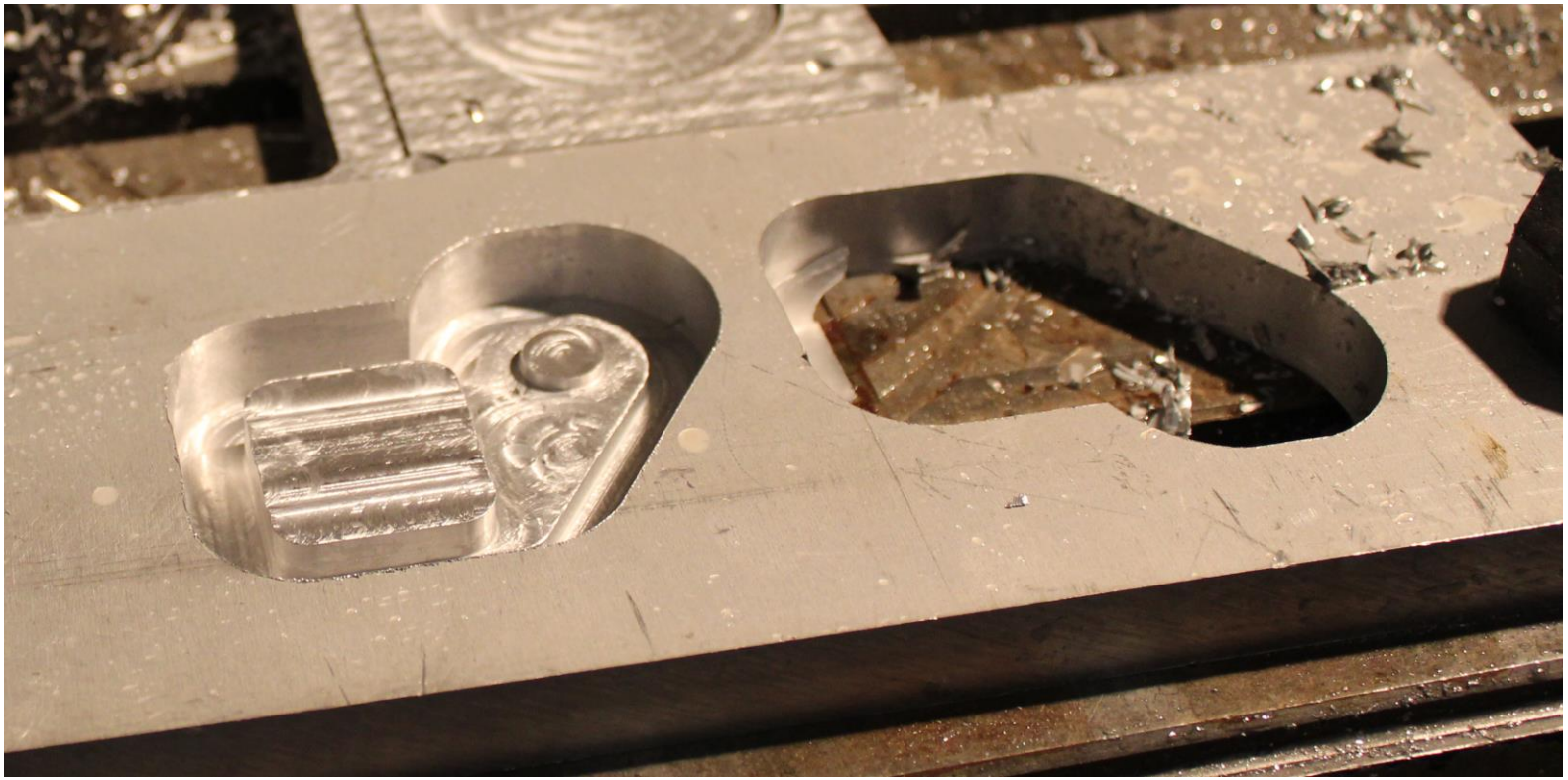
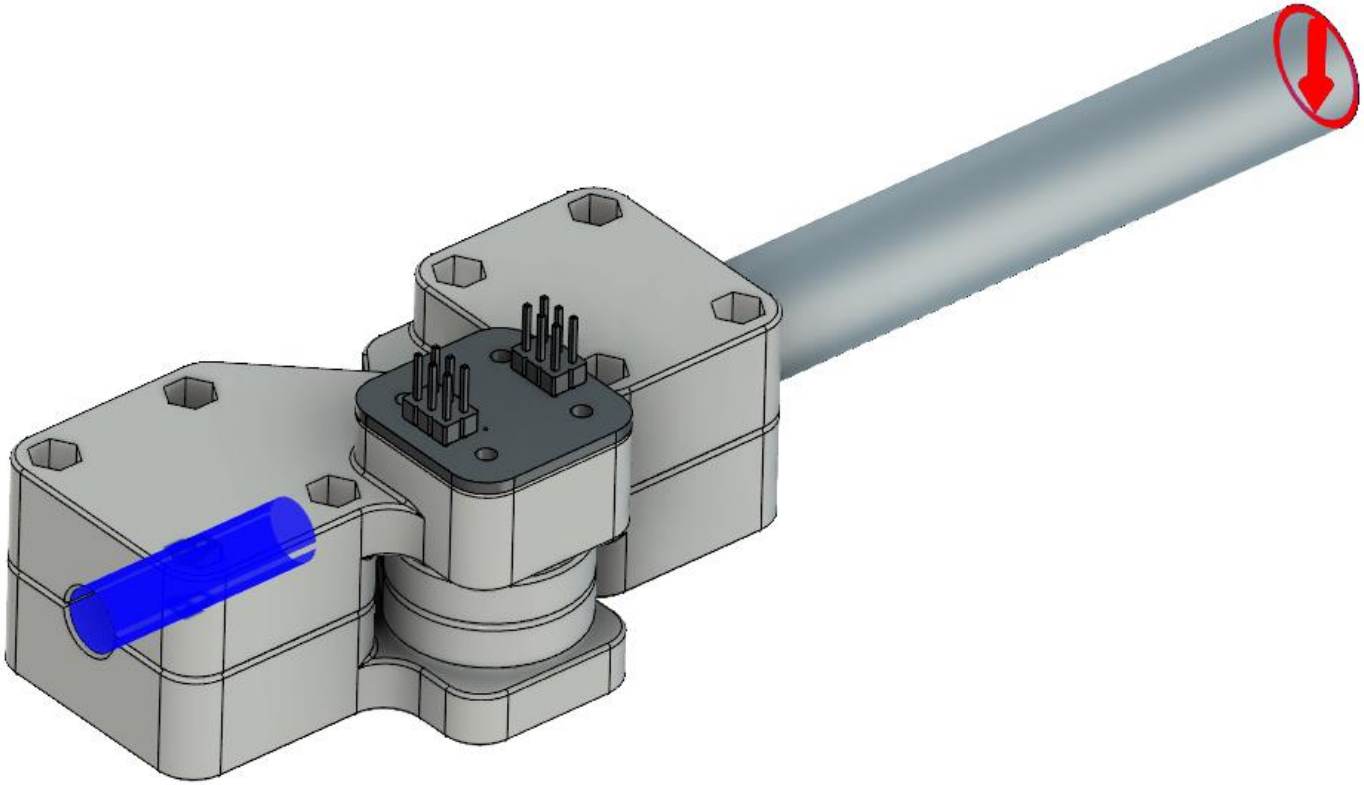


Опочанский Александр Аркадьевич

opochanskyalex@gmail.com


Отклонение свободного конца балки в направление прикладываемого усилия
сила, Н
0
1
2
3
4
5
6
ABS
Aluminum
0
5
10
15
20
25
30
35
Aluminum


5.063 MPa
0.3137 MPa
F 25
Stress
Von Mises
MPa
70.73 Max.
60
45
30
15
0 Min.
Nodes:
Elements:
407271
266734


F 25
Stress
Von Mises
MPa
35.58 Max.
30
22.5
15
7.5
0 Min.
Nodes
Elements
407271
266734