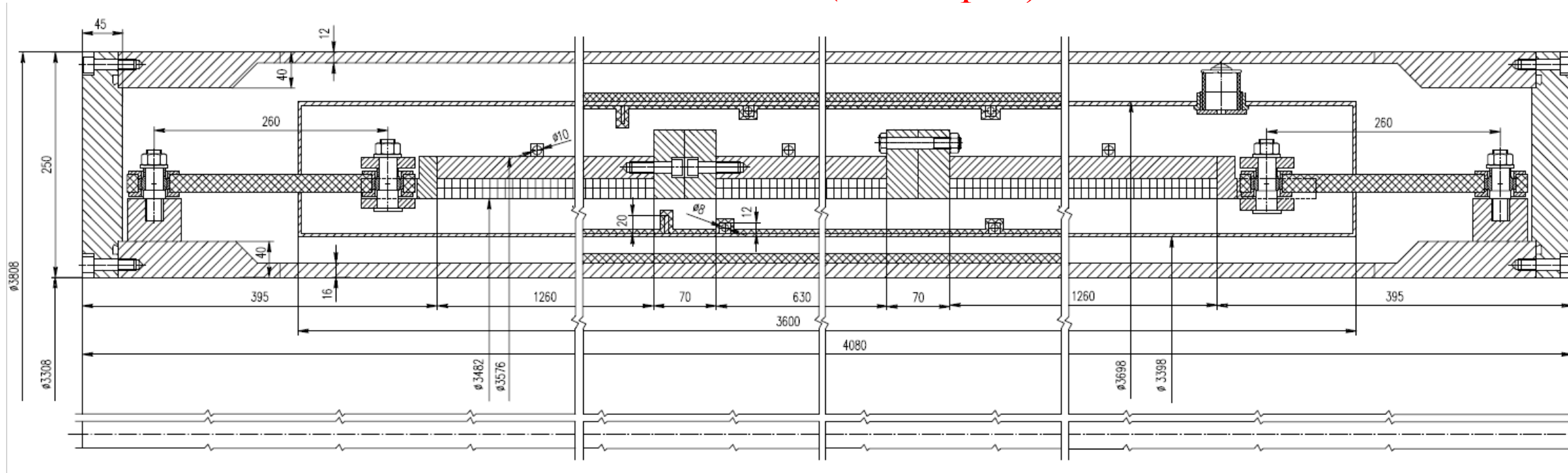


# The Budker Institute of Nuclear Physics



# SPD Magnet

## SPD Магнит (геометрия)



**Криостат:** Наружный диаметр – 3808 мм;  
Внутренний диаметр – 3308 мм;  
Длина 4080 мм;  
Толщина – 250 мм;

**Холодная масса:** Наружный диаметр – 3576 мм;  
Внутренний диаметр – 3482 мм;  
Длина 3330 мм;

**Катушки:** (2шт.): Количество слоев – 2; Количество витков  $2 \times 150 = 300$ .  
(1шт.): Количество слоев – 2; Количество витков  $2 \times 75 = 150$   
Общее количество витков – 750

**Вес:** - криостат – 14000 кг  
- экран – 980 кг  
- холодная масса – 5000 кг

**Total: ~20 т**

# SPD Магнит



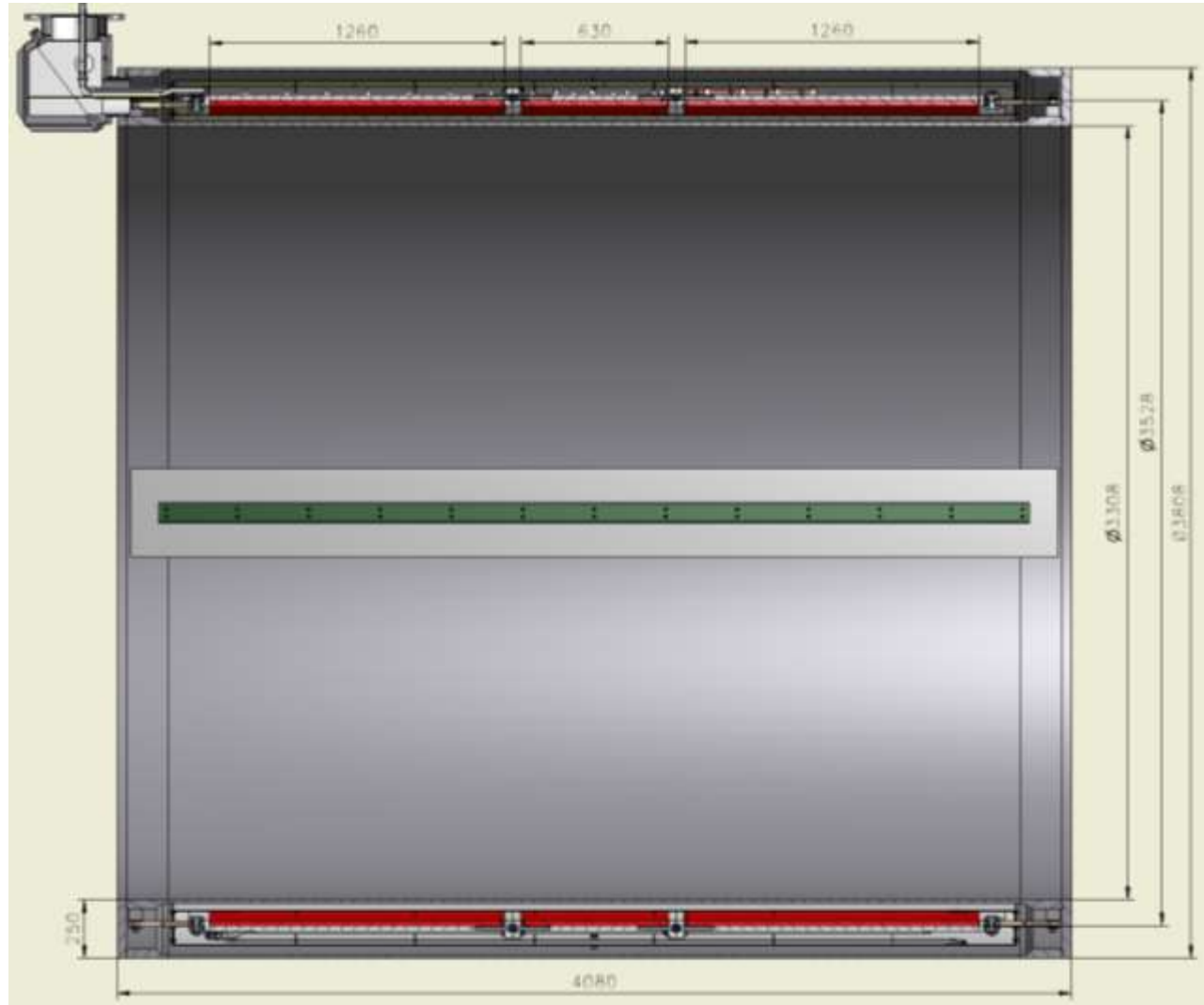
Позиция труб при 300К



Позиция труб при 4.5К

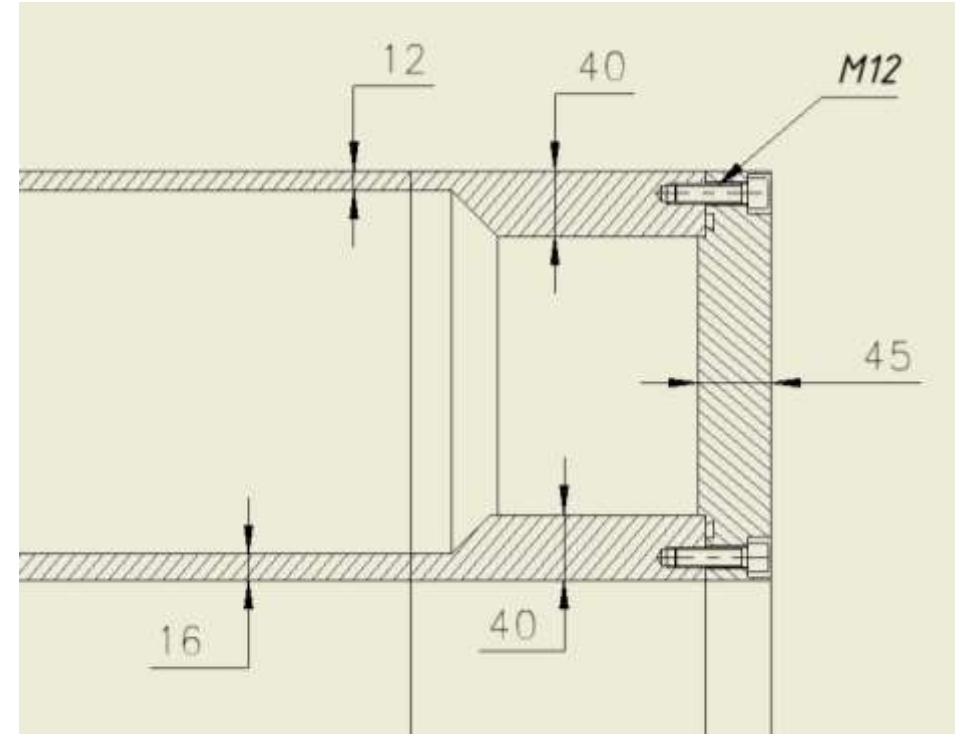
Вес магнита ~20 t

## SPD Магнит (размеры)



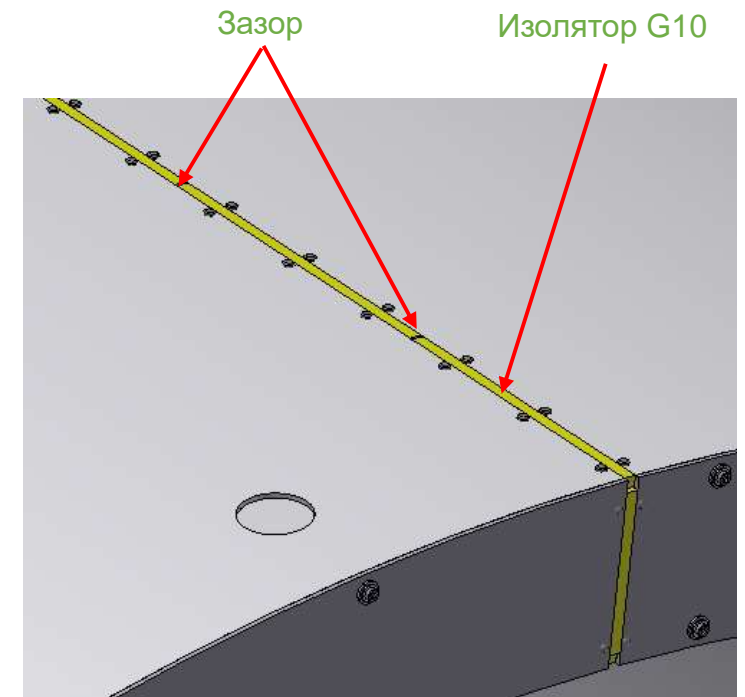
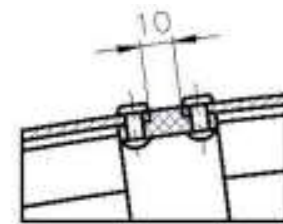
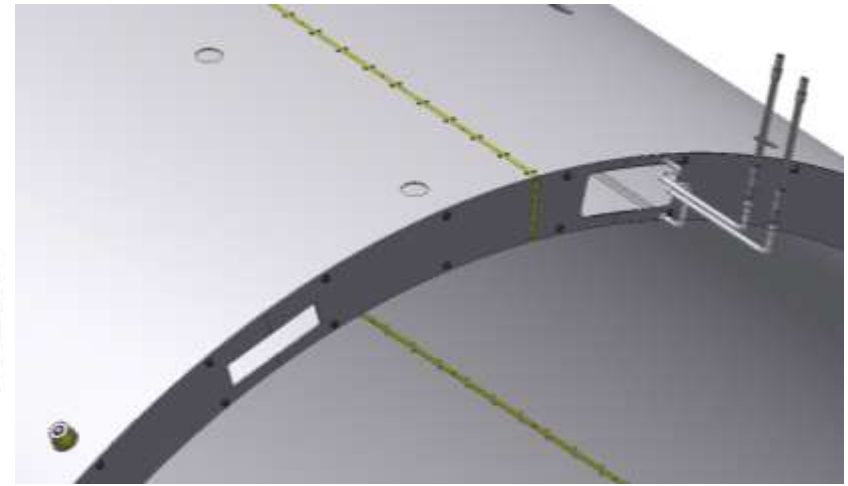
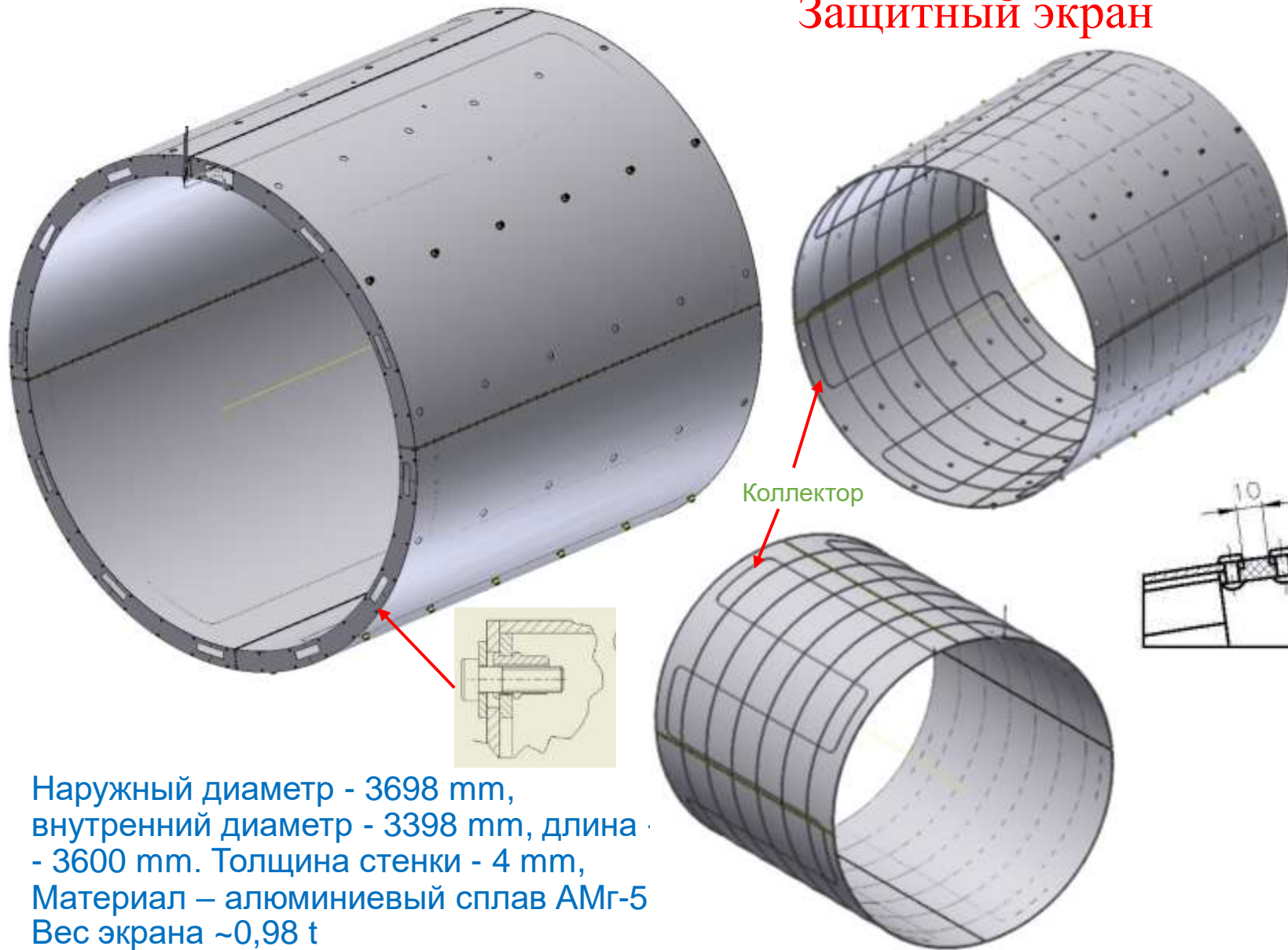
Внутренний диаметр - 3308 mm, Наружный диаметр - 3808 mm, Длина - 4080 mm  
Наружный диаметр катушки - 3528 mm, длина: две крайние катушки - 1260 mm, средняя катушка – 630 mm.

# Криостат



Материал: нержавеющая сталь 1.4541. Вес криостата ~14 t

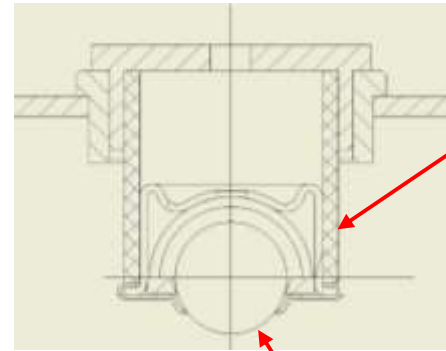
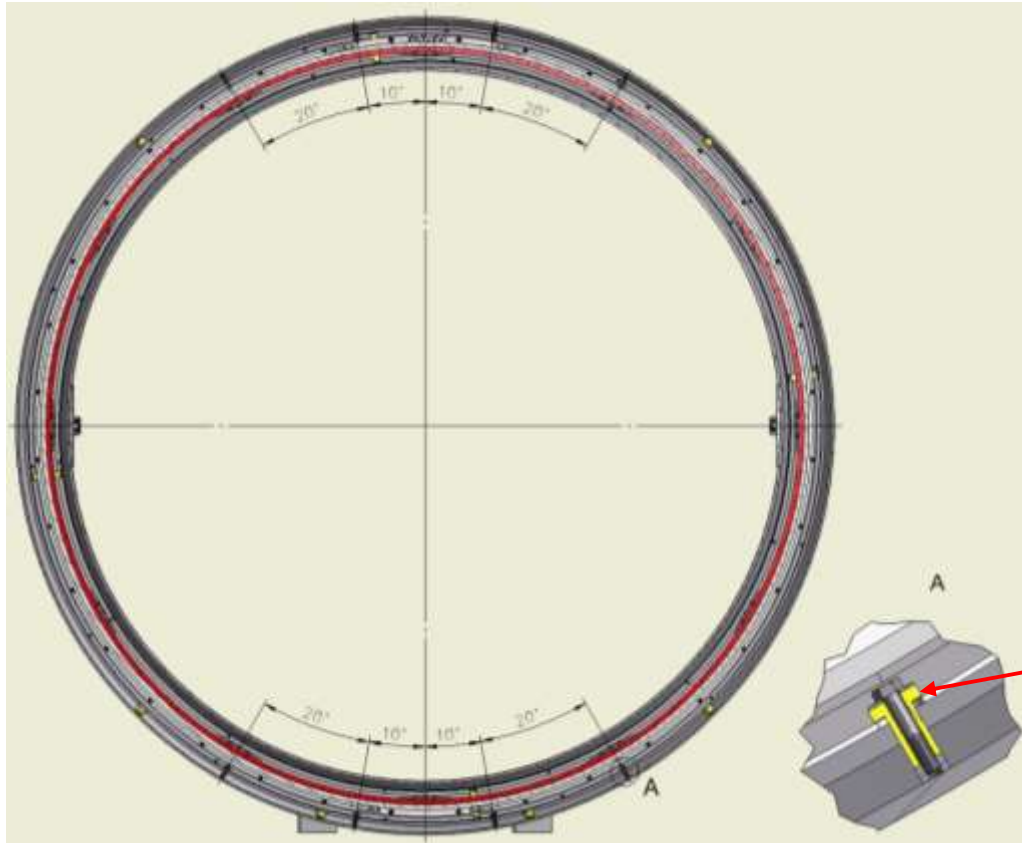
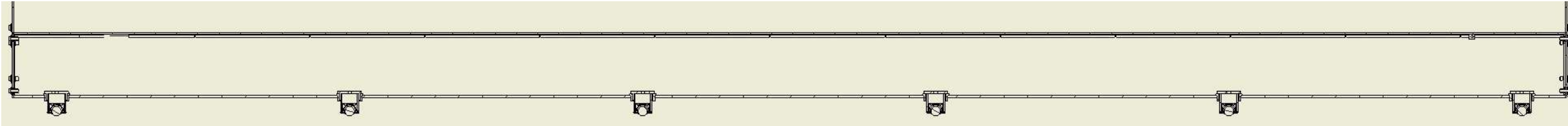
## Защитный экран



Наружный диаметр - 3698 mm,  
внутренний диаметр - 3398 mm, длина  
- 3600 mm. Толщина стенки - 4 mm,  
Материал – алюминиевый сплав АМг-5  
Вес экрана ~0,98 t

Экран разделен по периметру на 4 части с помощью изоляторов из G10. На наружную и внутреннюю и боковую поверхность накладывается суперизоляция по 30 слоев.

# Экран

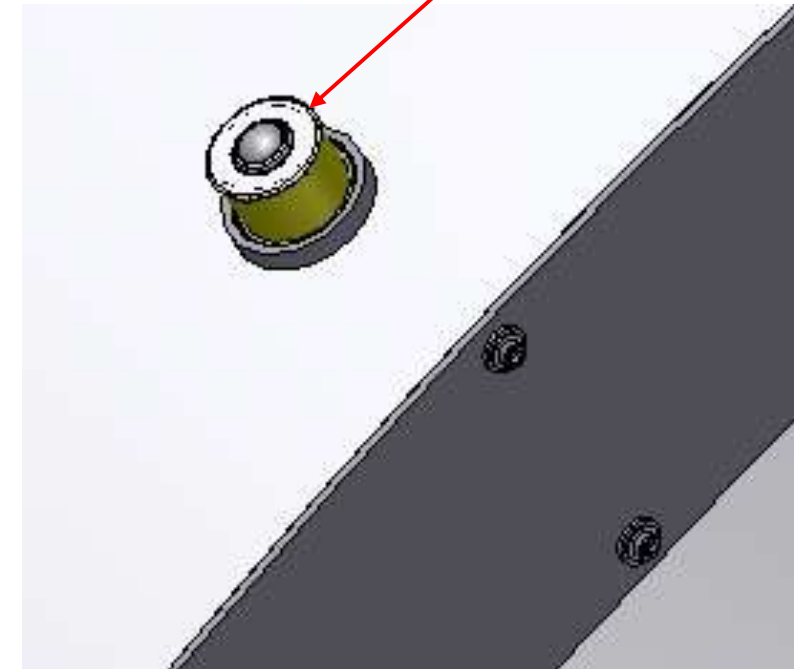


Кольцо (G10)

Опора

Шаровая опора

Втулка (G10)



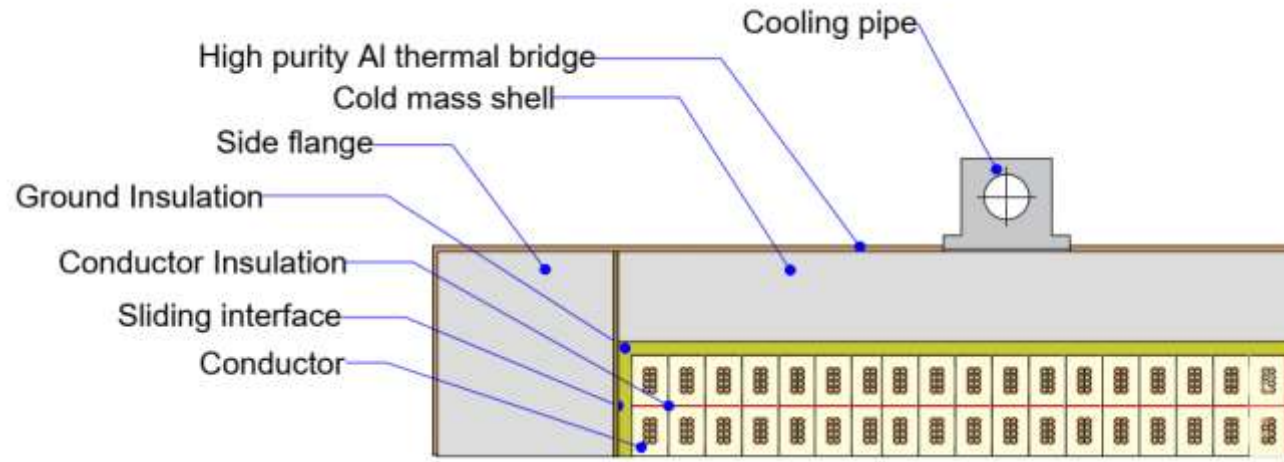
Экран позиционируется в криостате с помощью шаровых опор с изоляционным кольцом (4 ряда внизу и 2 ряда вверху). В осевом направлении экран фиксируется в центральной части с помощью болтов через изоляционную втулку.



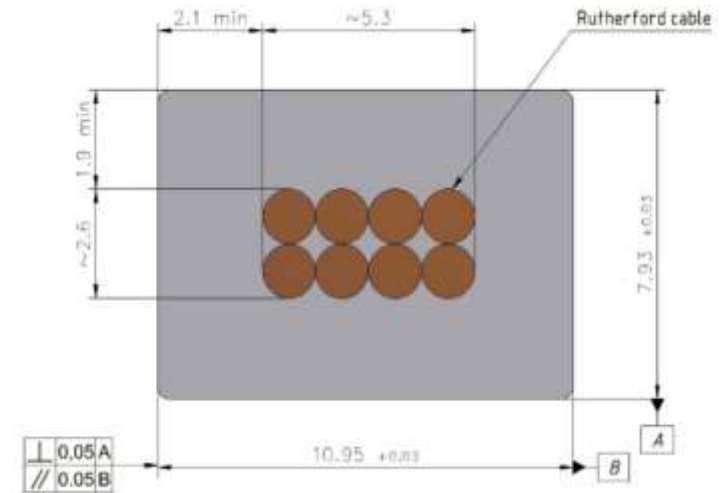
# Холодная масса. (Конструкция)



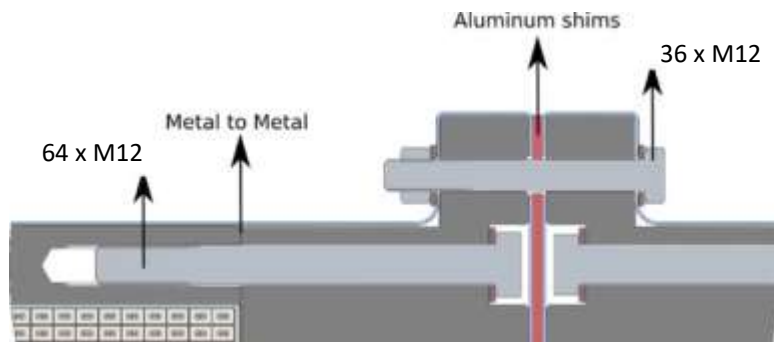
2x 2 layers - 300 turns  
1x 2 layers - 150 turns



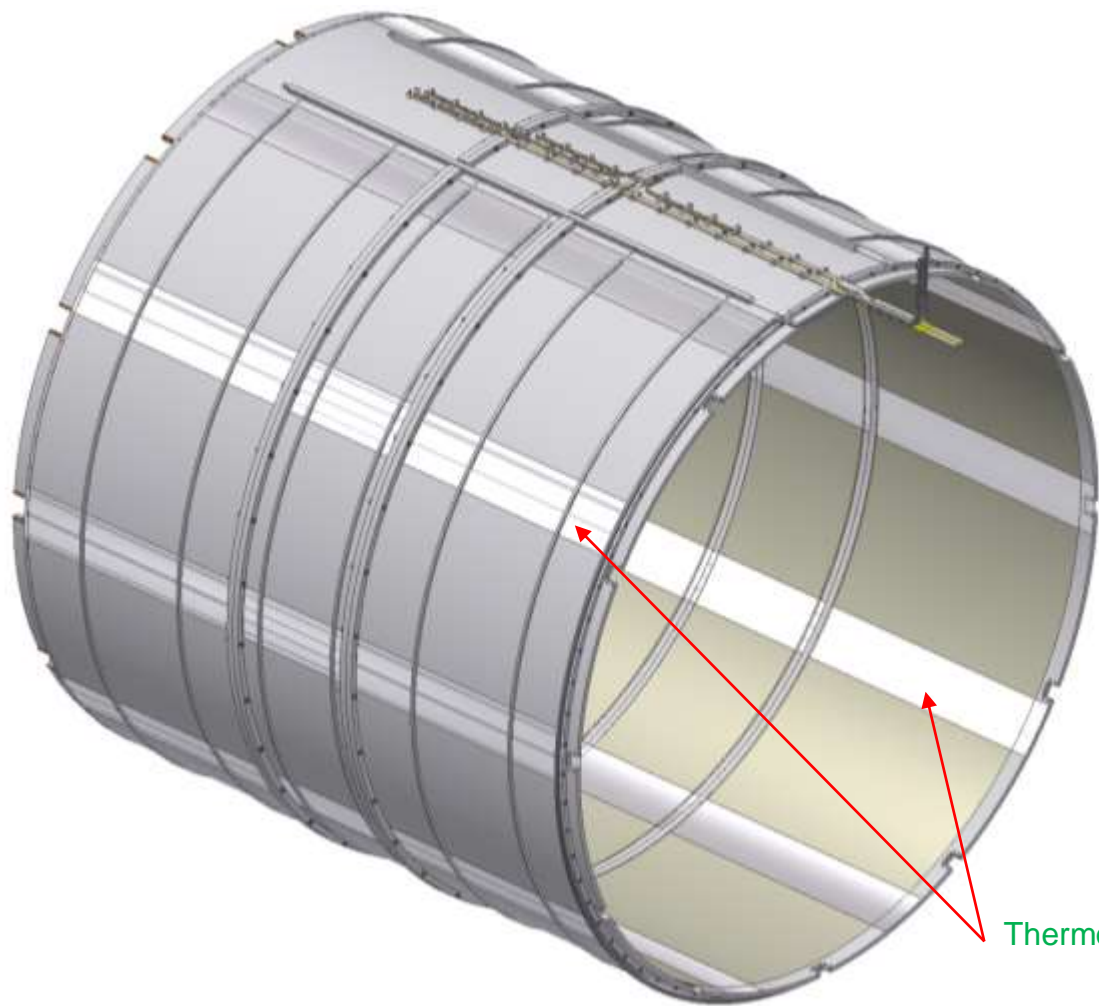
Magnetic field - 1 T  
Current - 5 kA



10,95 mm x 7.93 mm,  
NbTi / Cu d=1.4 mm



# Холодная масса



Thermobriges

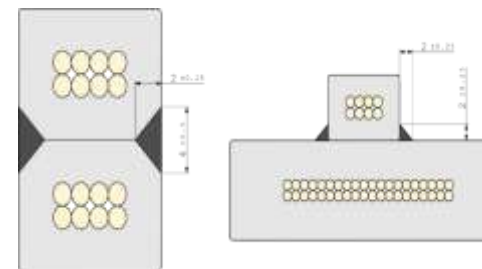


Support brackets

Bus-bars

Manifold

layer-to-layer and coil-to-coil joints

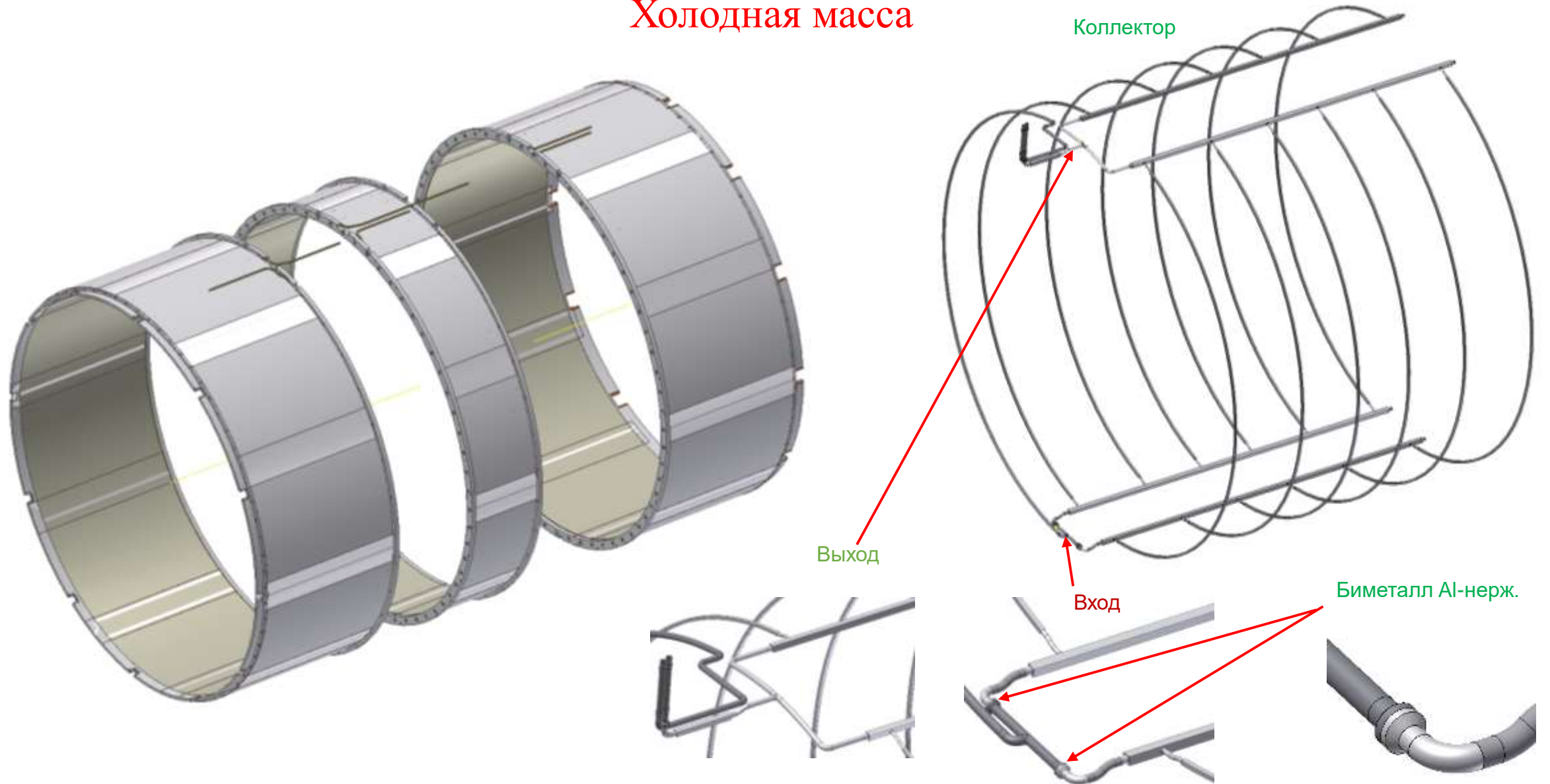


Внутренний диаметр - 3482 mm, Наружный диаметр - 3576 mm, Длина - 3330 mm, Вес ~5 t.

S.Pivovarov, BINP, SPD Magnet

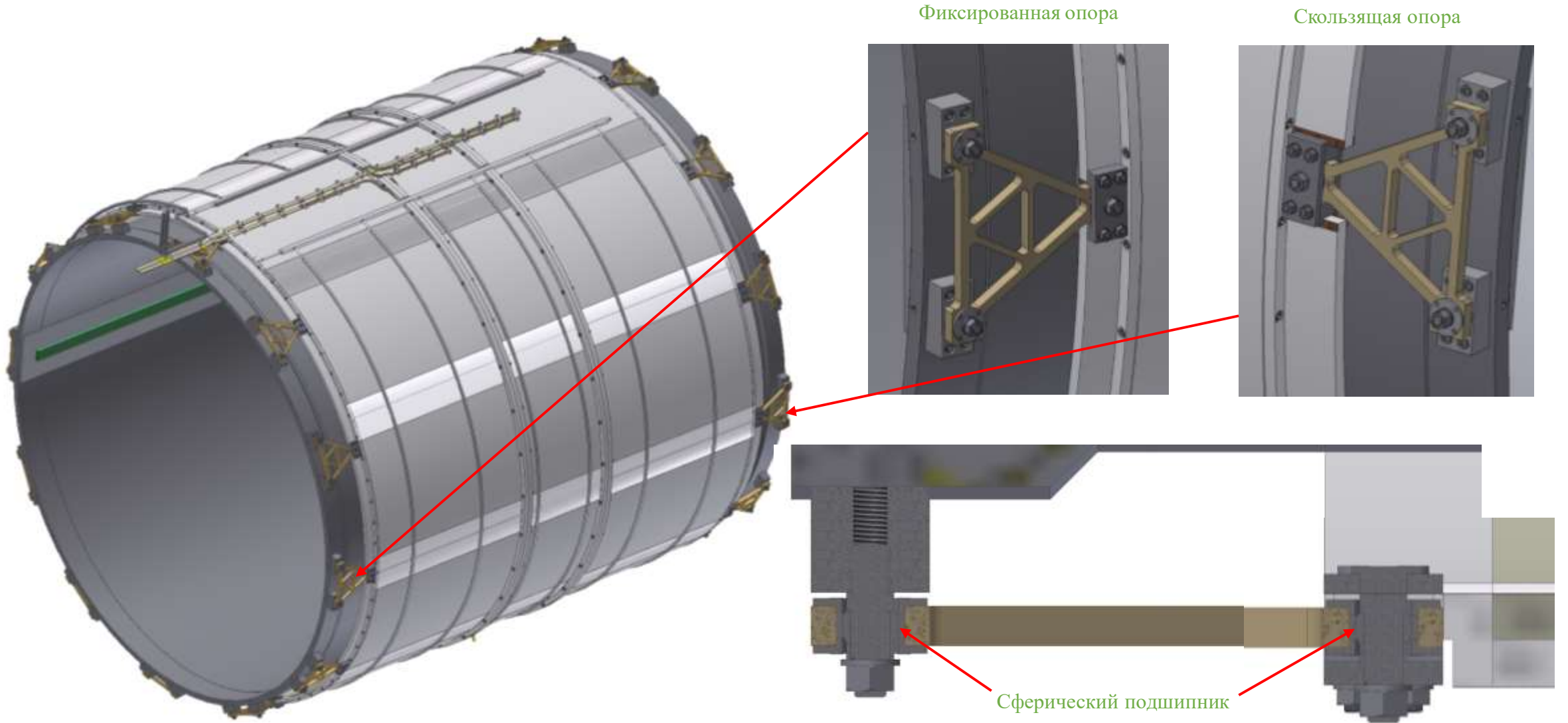
02.12.2022

# Холодная масса



Магнит состоит из 3-х катушек: передняя и задняя имеют 2 слоя 300 витков, длина кабеля ~3300 метра; центральная катушка имеет 2 слоя 150 витков, длина кабеля ~1650 метра. Охлаждение осуществляется косвенным методом с помощью трубок, приваренных к оболочке холодной массы

# SPD Магнит (Система подвесок)

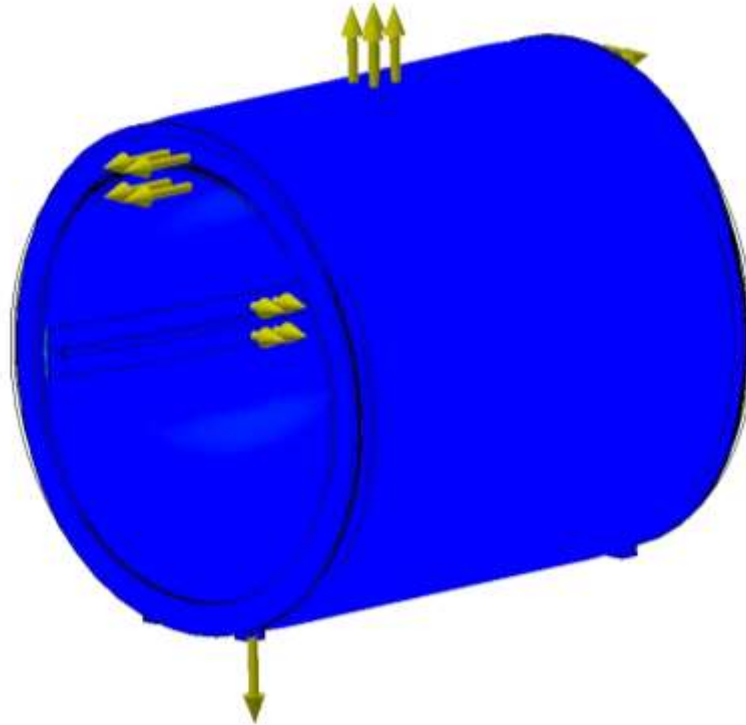


Опоры имеют сферические поверхности, которые позволяют избежать изгиб подвесок при термических изменениях размеров холодной массы.

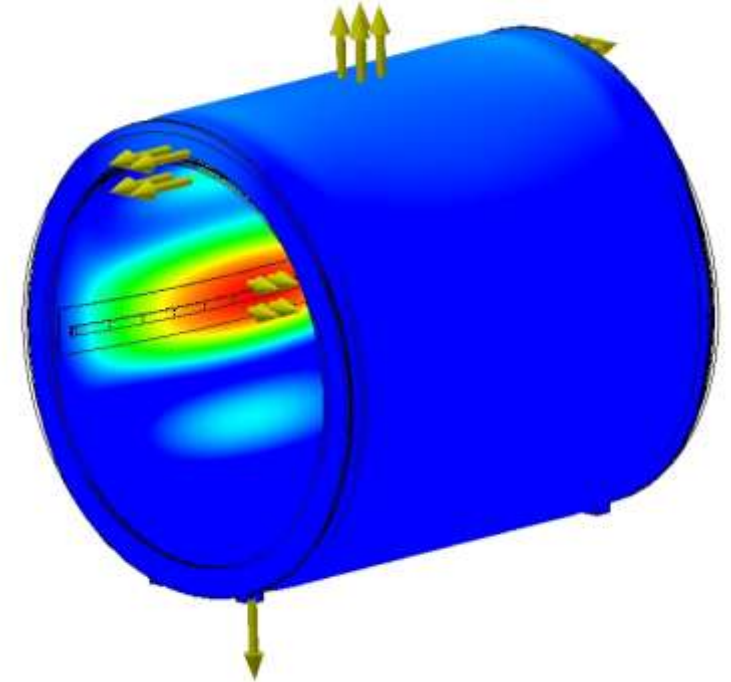
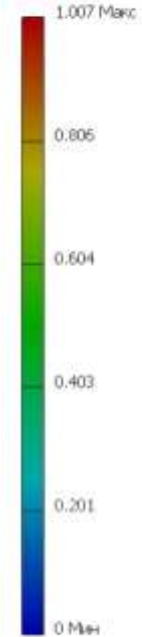
# Криостат (расчет)

Внутреннее давление ( $p=0.05$  МПа) и вес.

Тип: Напряжение по Мisesу  
Единица: МПа  
11.10.2022, 14:33:35



Тип: Смещение  
Единица: мм  
11.10.2022, 14:39:17



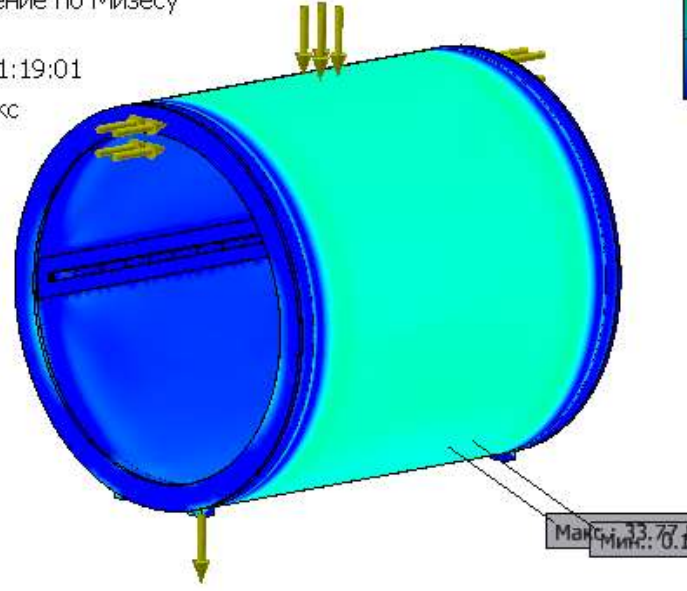
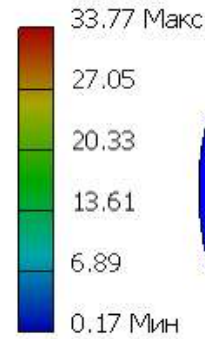
Наибольшее напряжение - 65 МПа. Наибольшая деформация - 1 мм.

# Криостат (расчет)

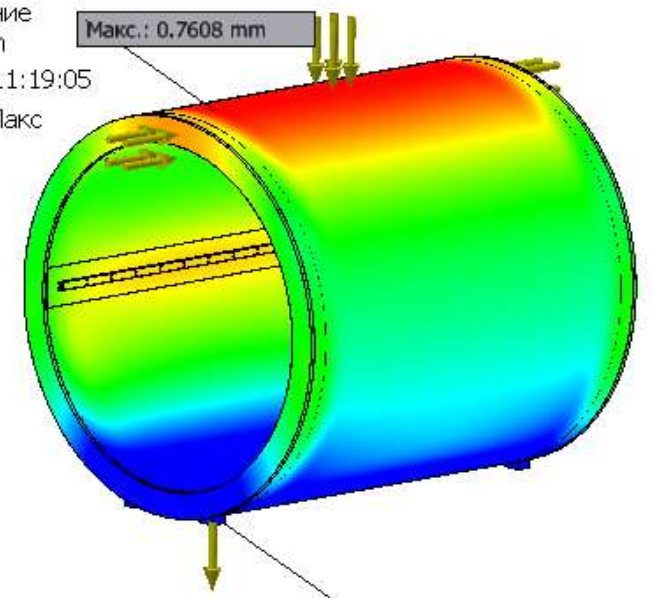
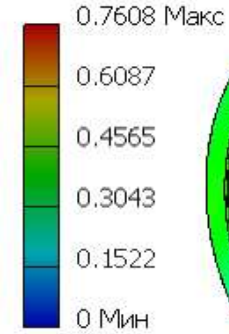
Наружное давление ( $p=0.1$  МПа) и вес.



Тип: Напряжение по Мизесу  
Единица: МПа  
01.06.2022, 11:19:01



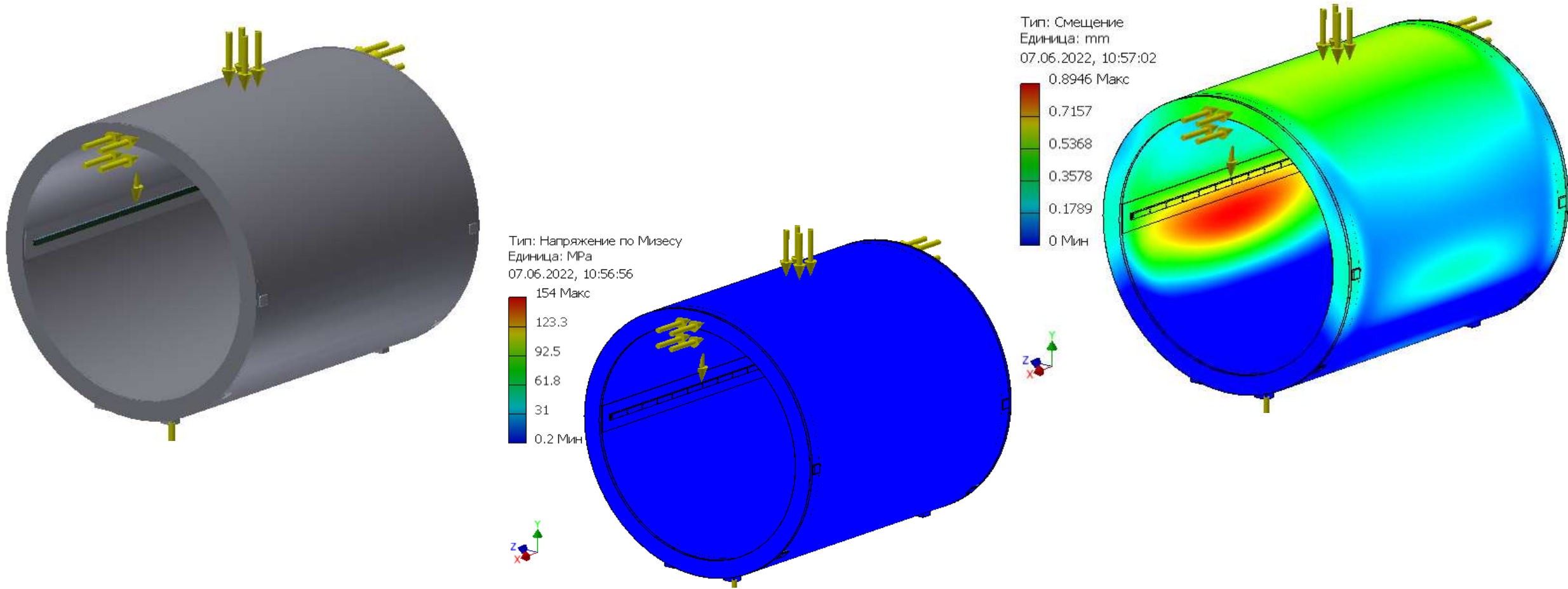
Тип: Смещение  
Единица: мм  
01.06.2022, 11:19:05



Наибольшее напряжение - 33.7 МПа. Наибольшая деформация - 0,76 мм.

# Криостат (расчет)

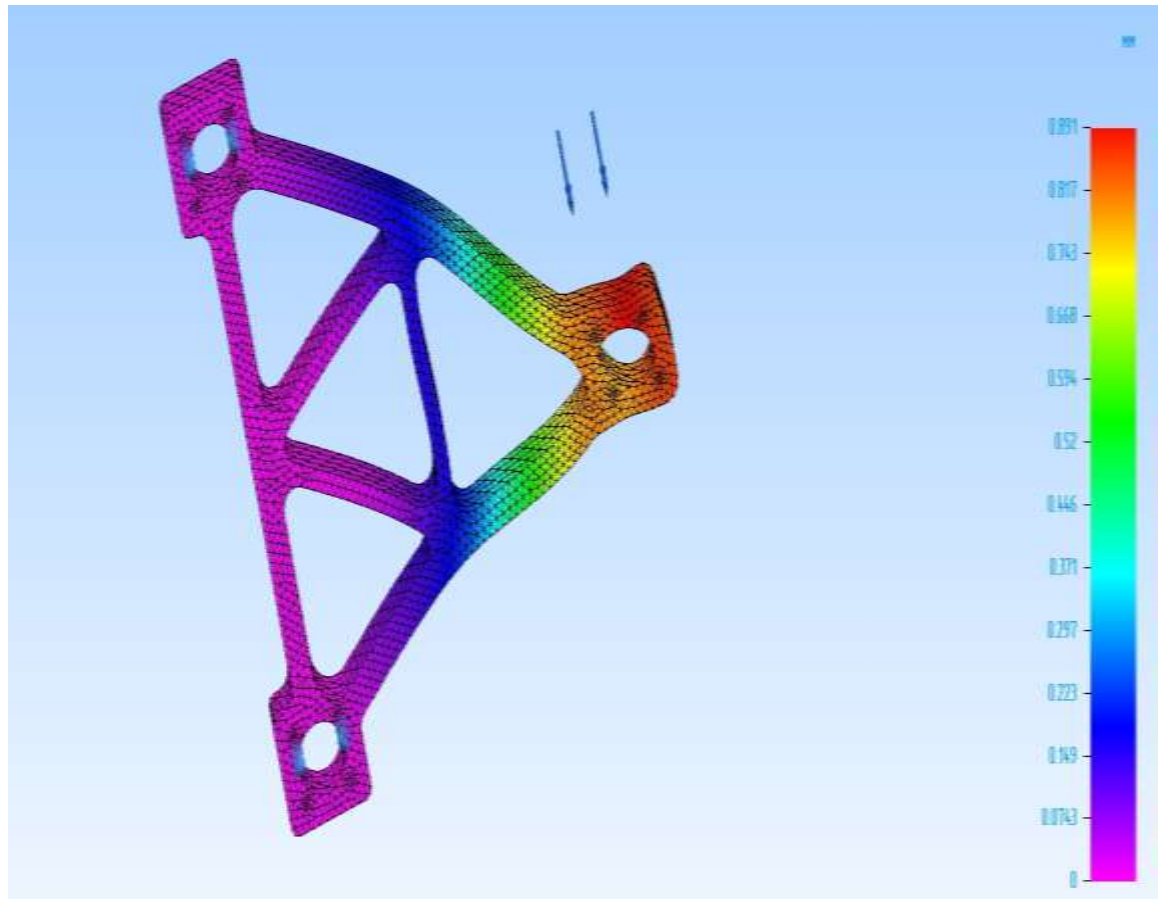
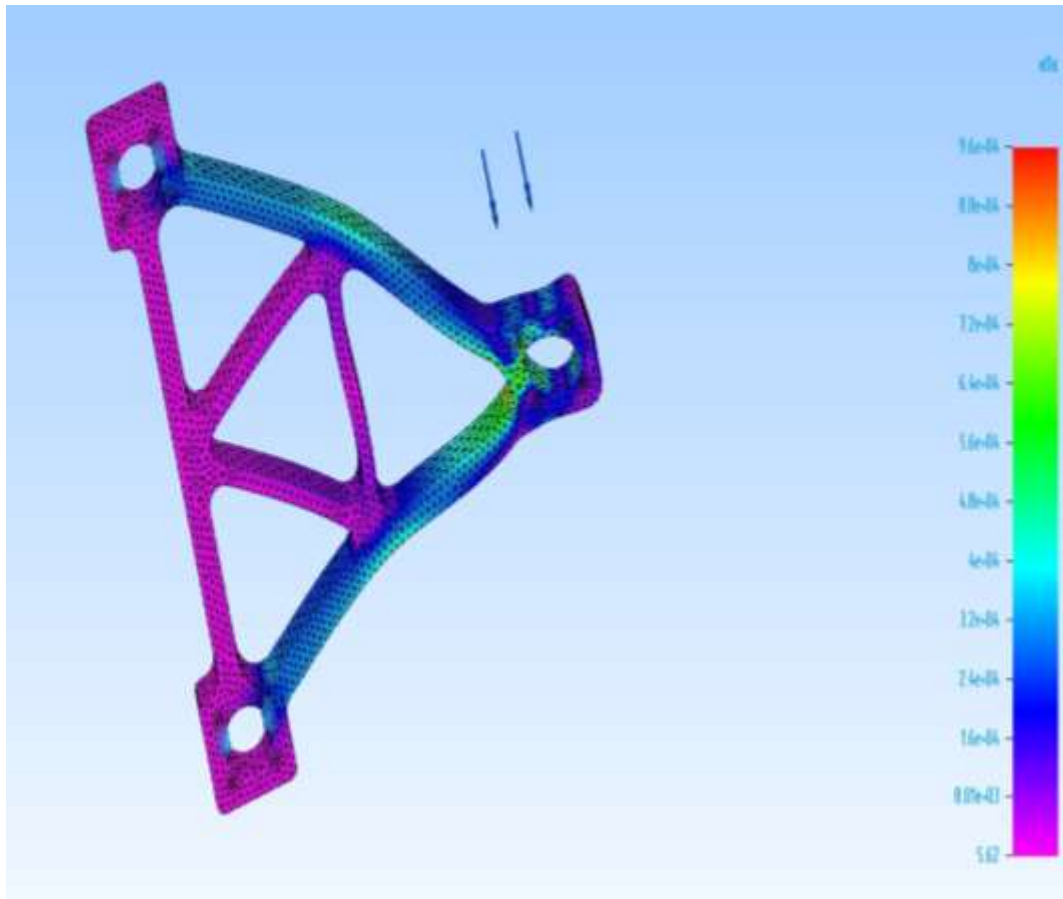
Наружное давление ( $p=0.1$  МПа), вес + вес калориметра (40t )



Наибольшее напряжение - 154 МПа. Наибольшая деформация - 0,89 mm.

## Подвеска (расчет)

Расчет на поперечную силу  $P=1$  т. (материал – стеклотекстолит СТЭФ-1)



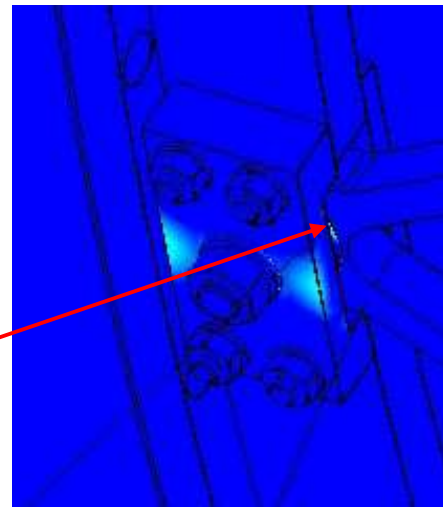
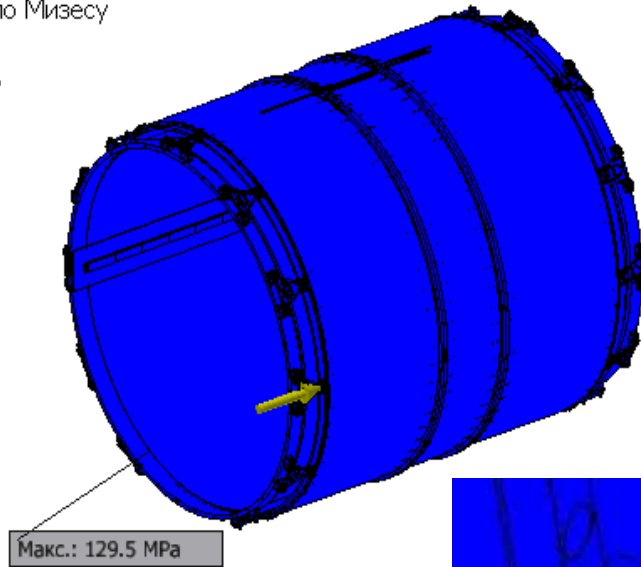
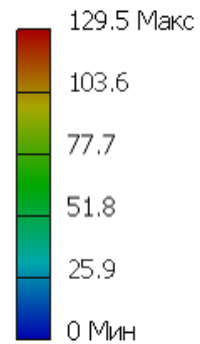
Наибольшее напряжение – 96 Мпа (Предельные напряжения 132 Мпа).  
Наибольшая деформация - 0,9 mm.



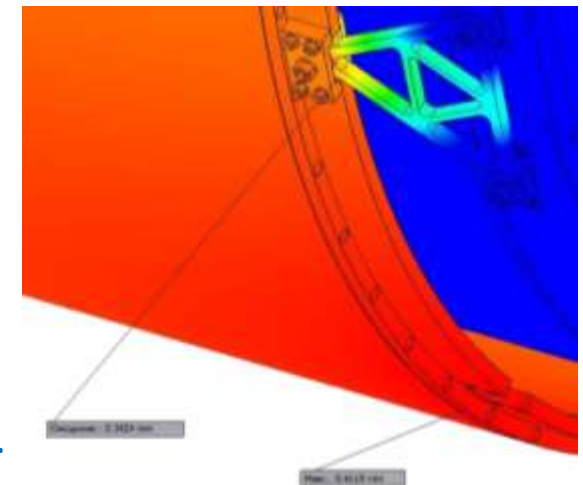
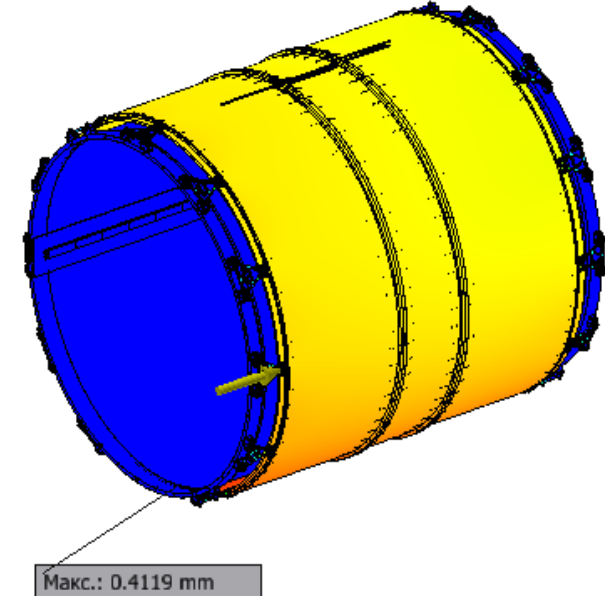
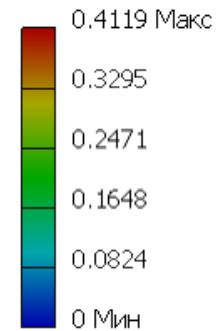
# Магнит (расчет)

$P=9$  т. (магнитные силы от смещения вдоль оси на 5 мм) + 10 т. (2g).

Тип: Напряжение по Мизесу  
Единица: МПа  
15.11.2022, 7:27:56

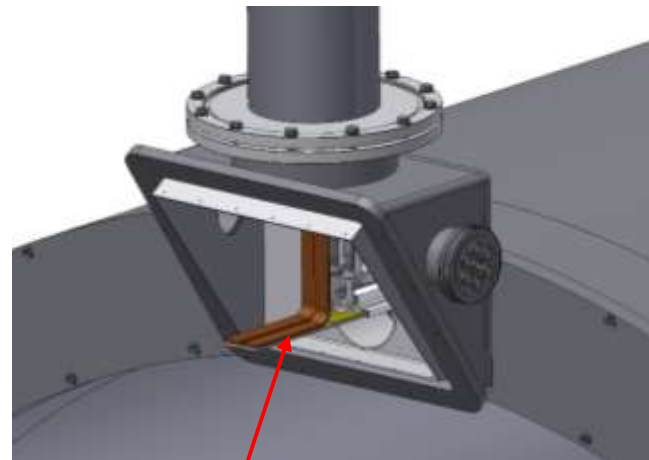
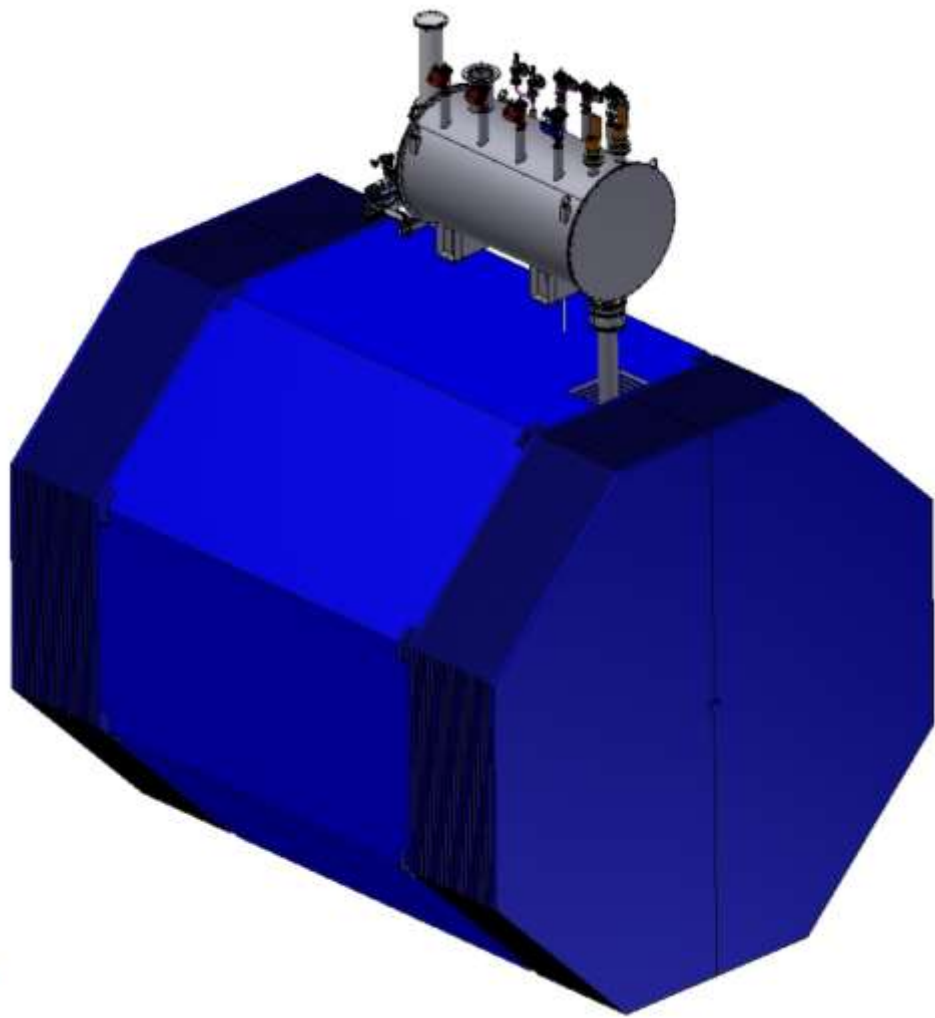


Тип: Смещение  
Единица: мм  
15.11.2022, 7:30:28

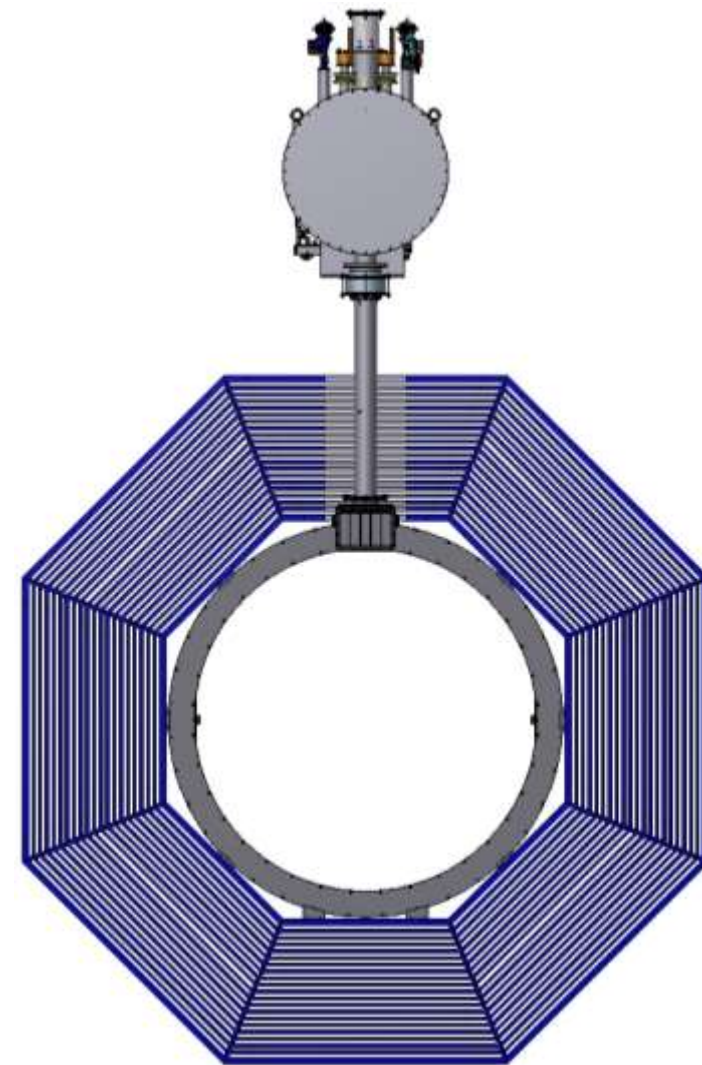


Наибольшее напряжение – 129.5 МПа. Наибольшая деформация - 0,41 мм.

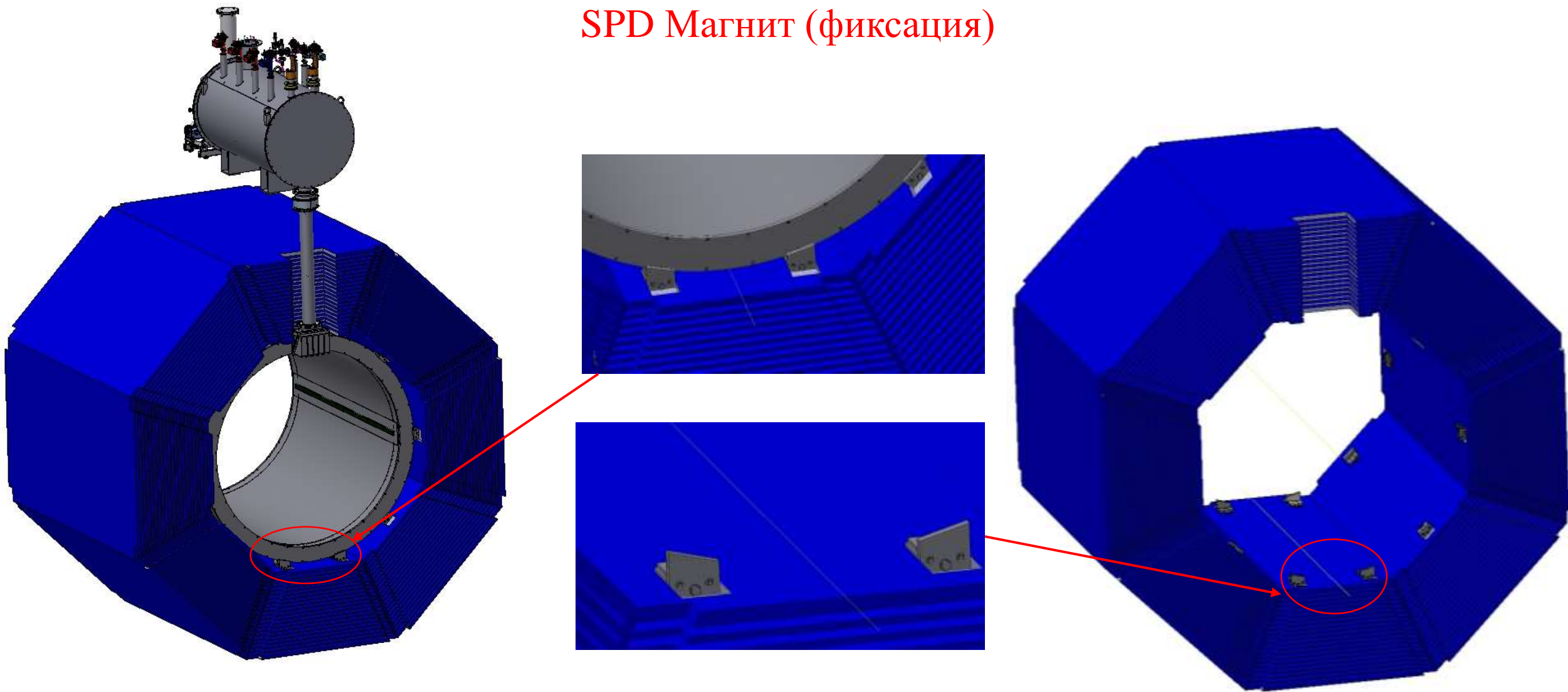
## SPD Магнит с Control Dewar



Соединение токовводов с  
Bus-bars катушки.

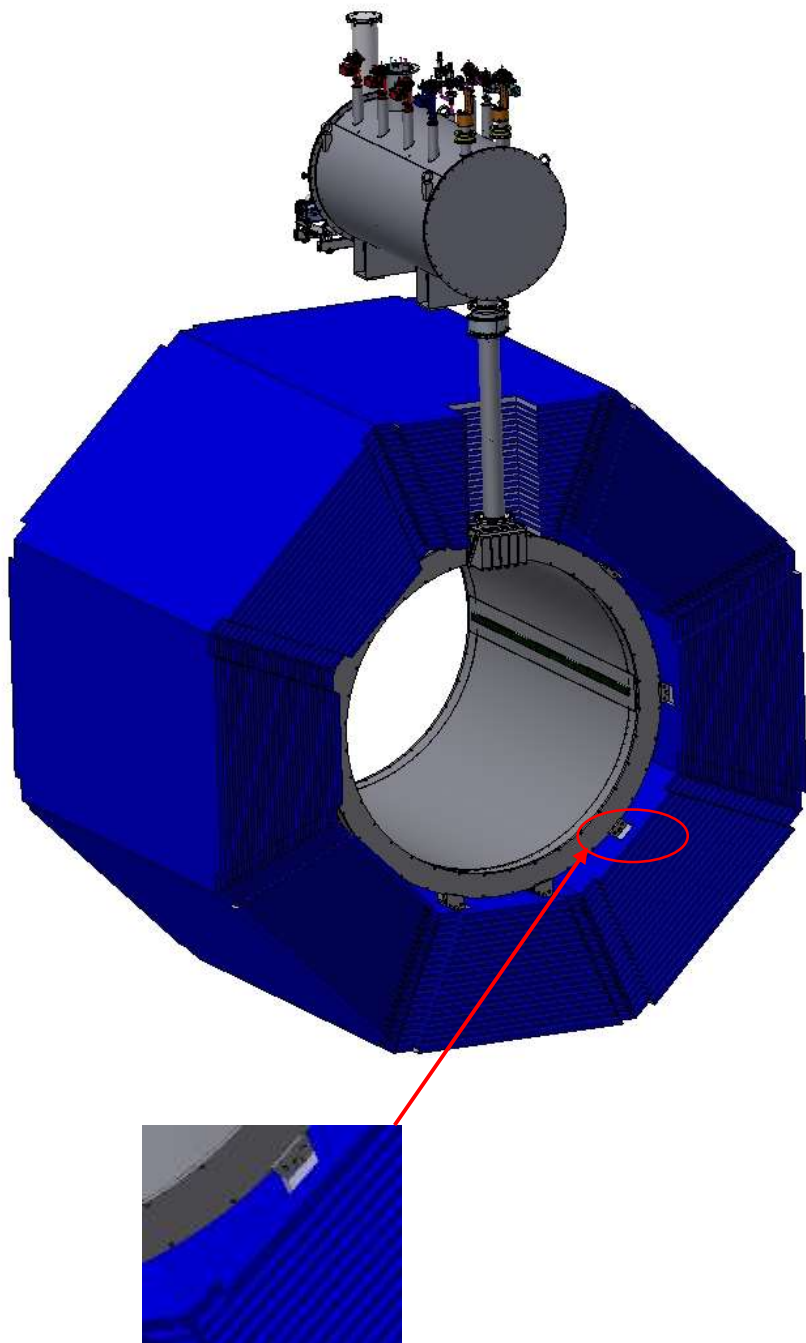


## SPD Магнит (фиксация)

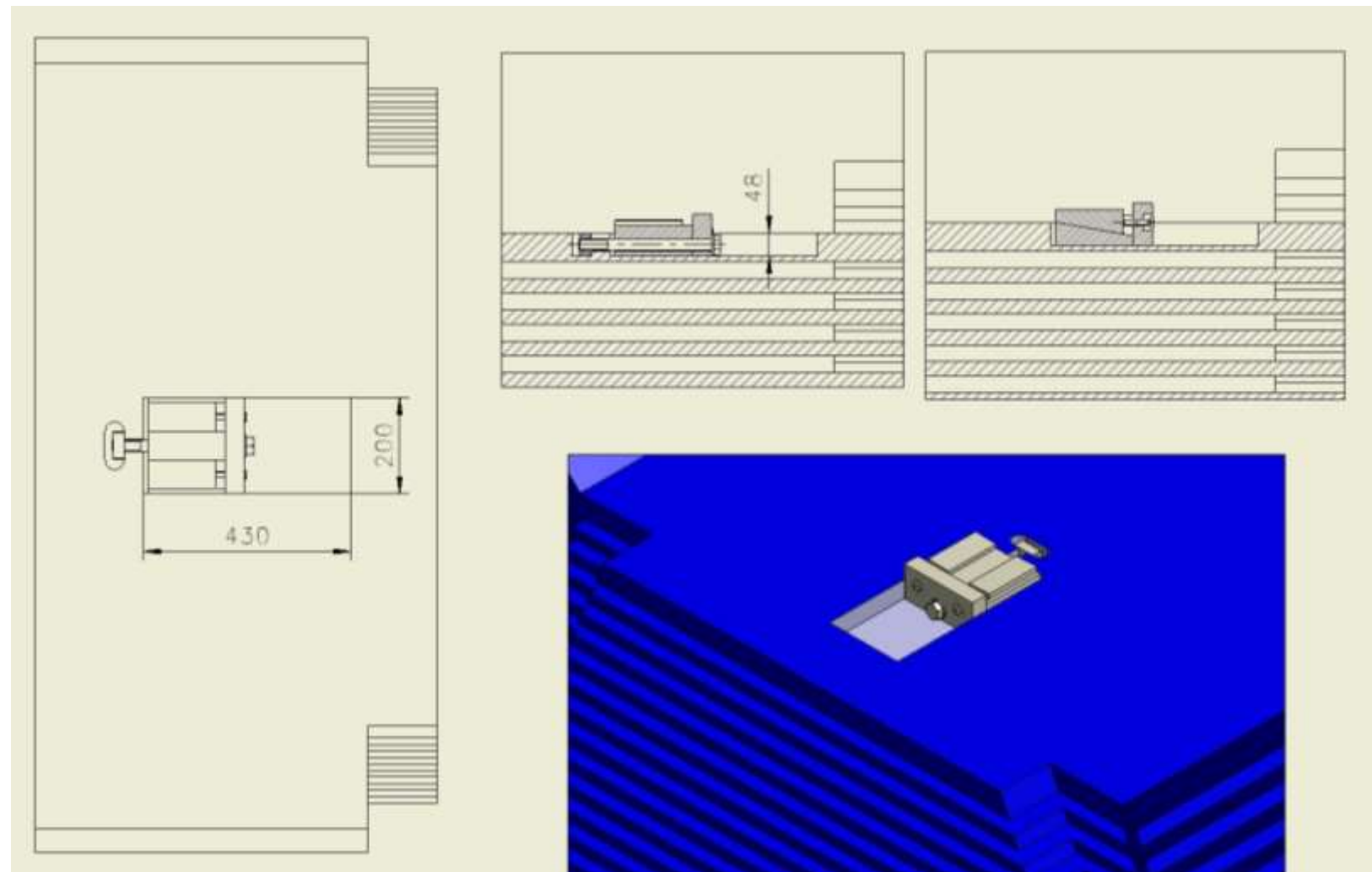


Крепление криостата в железном ярме осуществляется с помощью специальных регулируемых опор, закрепленных на октантах.

# SPD Магнит (фиксация)



Регулируемая опора

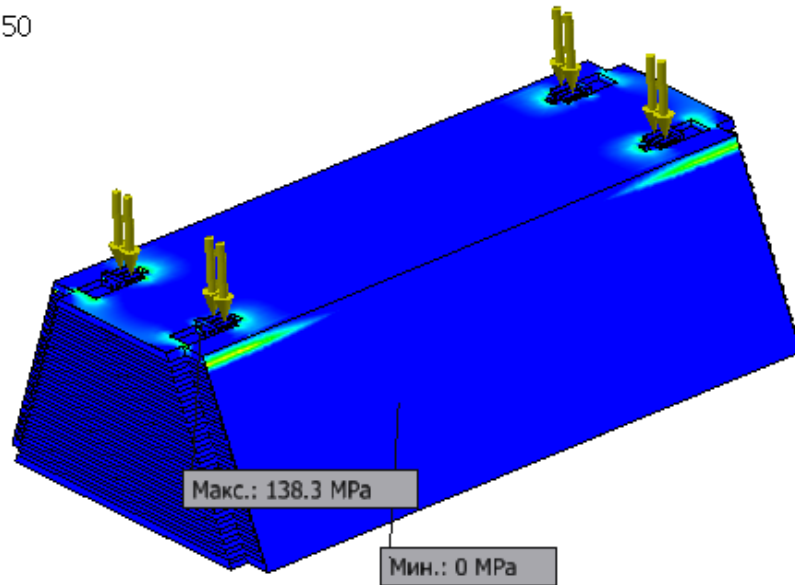
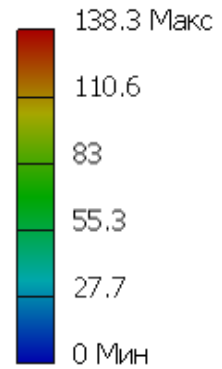


# Нижний октант ярма (Нагрузка – 60 t)

Тип: Напряжение по Мизесу

Единица: МПа

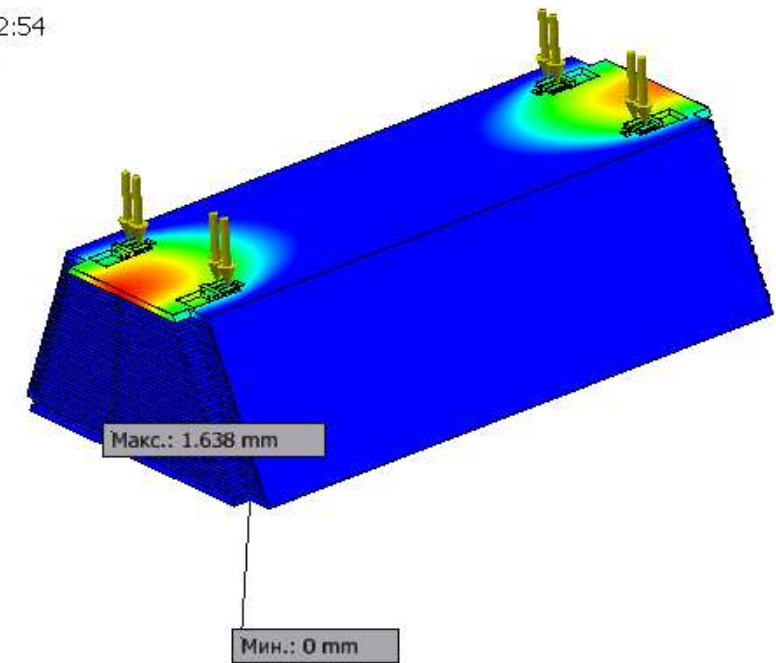
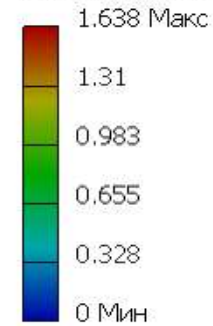
07.06.2022, 7:42:50



Тип: Смещение

Единица: mm

07.06.2022, 7:42:54



Наибольшее напряжение - 138.3 МПа. Наибольшая деформация - 1,6 mm.

Спасибо за внимание!