



ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание степени магистра

Тема: Проектирование и прочностное
исследование имплантата
тазобедренного сустава человека

Выполнил студент гр. 63602/2

Руководитель, к.т.н., проф.

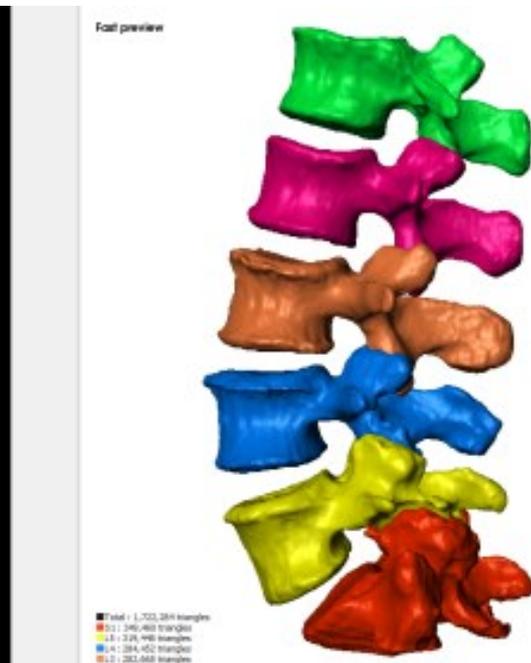
Соруководитель

Шалпегин Г.С.

Боровков А.И.

Алексашкин А.С.

Актуальность томографии и протезирования



ПО для обработки томографических снимков

Mimics®

simpleware®

Amira®

Программная система Simpleware

Сканирование

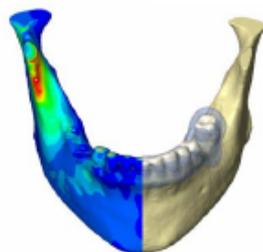
Данные о трехмерных
изображениях
(МРТ, КТ, мКТ и др.)



simpleware 

CAD и FE/CFD

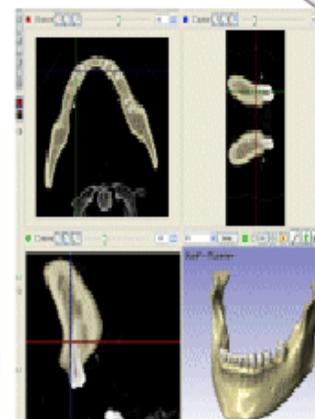
Модель



ScanIP

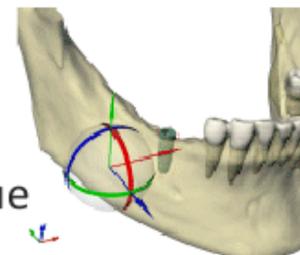
Обработка
изображений

Создание
объемной сетки

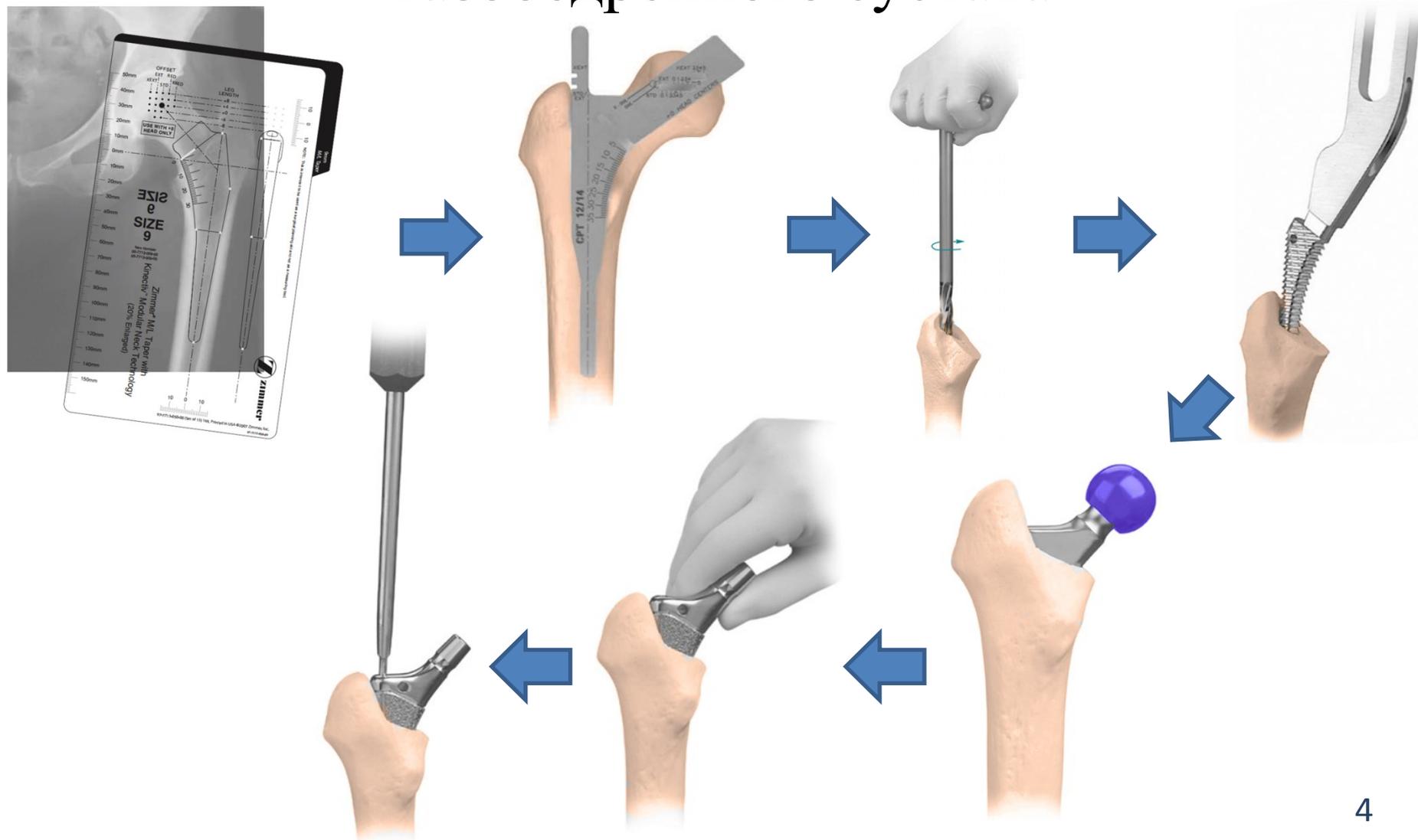


+CAD

CAD импорт и
позиционирование



Планирование операции эндопротезирования тазобедренного сустава

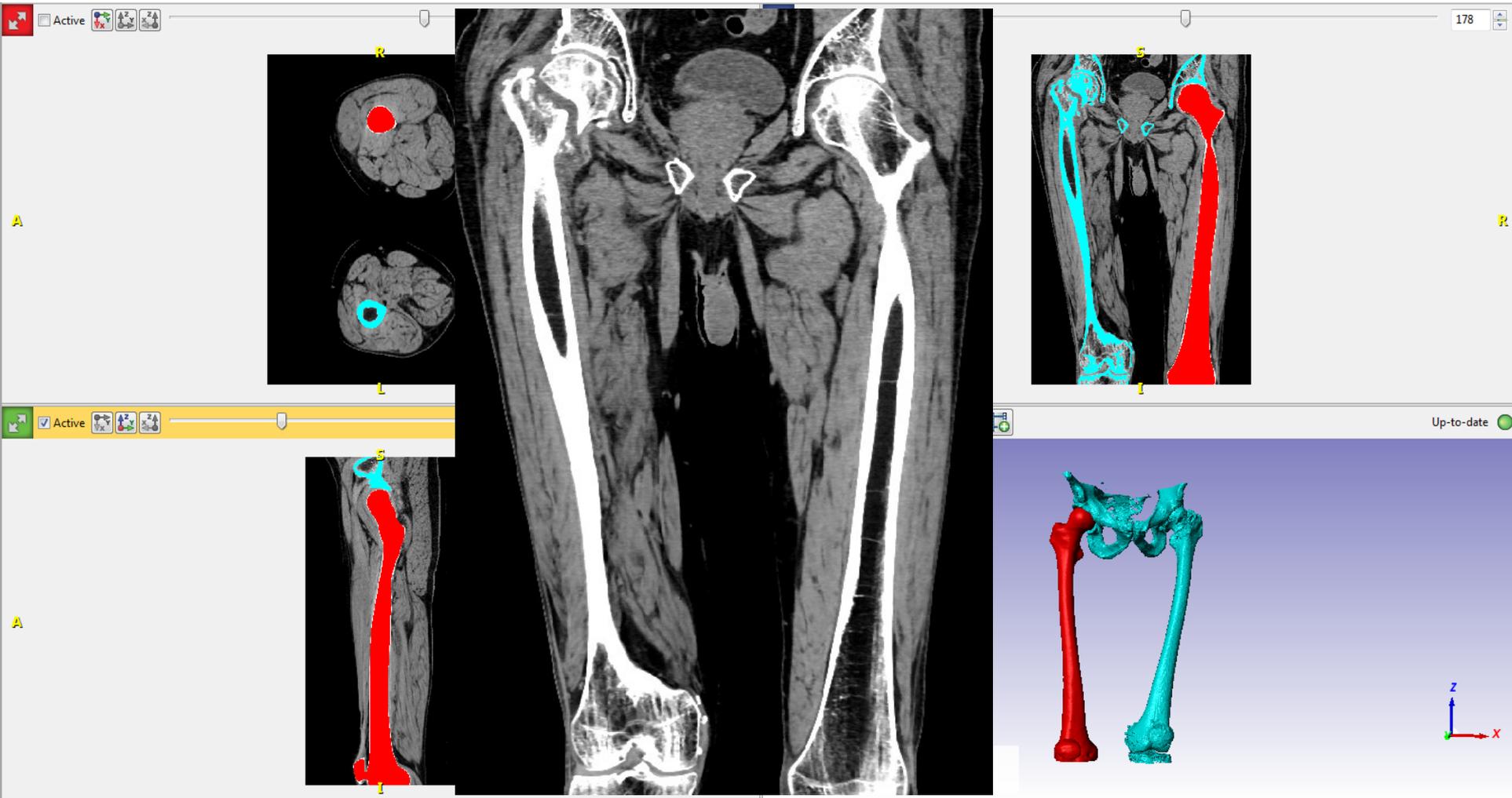




Постановка задачи

- Восстановление данных с томографических изображений в 3D модель;
- Позиционирование модели тазобедренного имплантата;
- Анализ прочности бедренной кости и системы “кость + имплантат”;
- Облегчение конструкции имплантата посредством решетчатых структур.

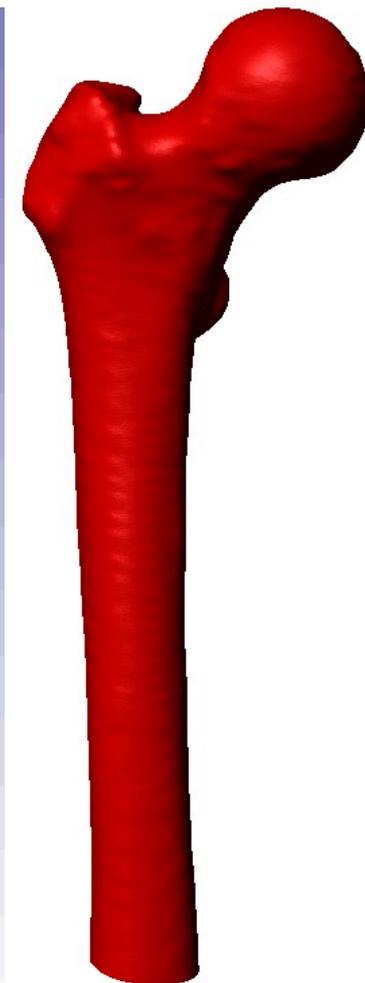
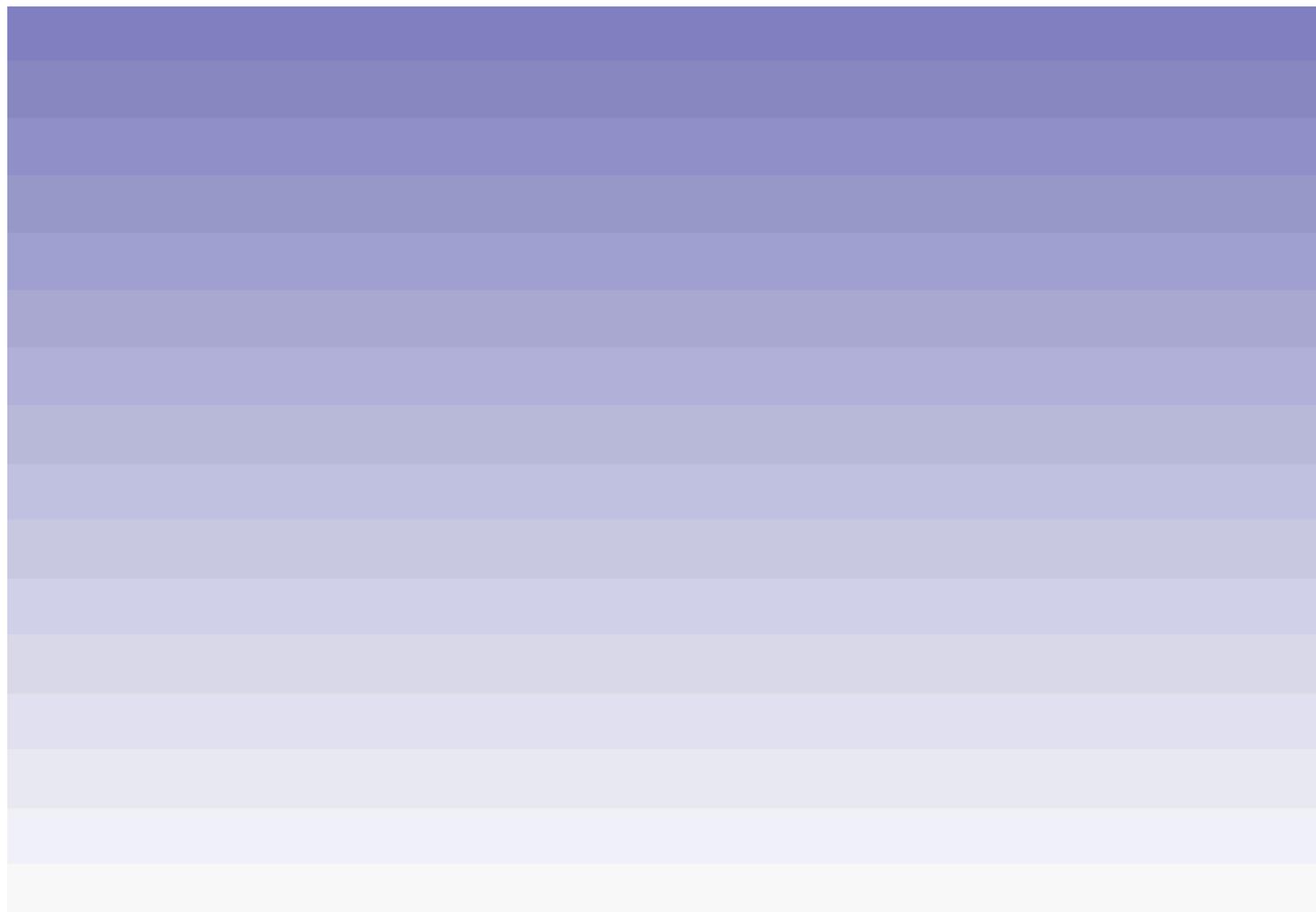
Обработка томографических изображений



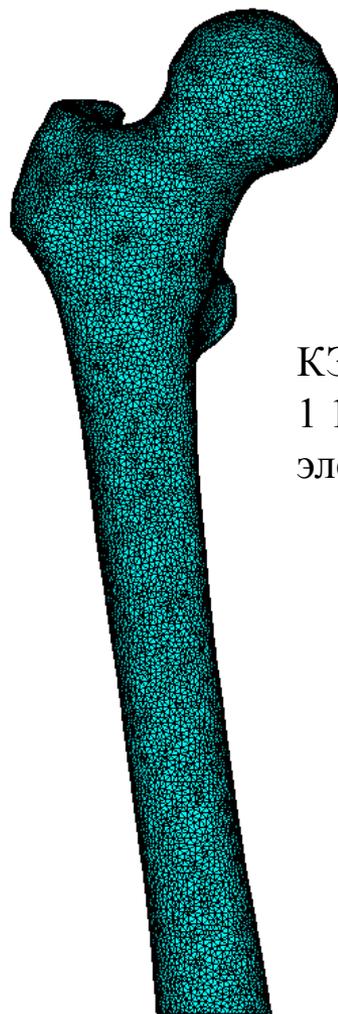
Сегментация



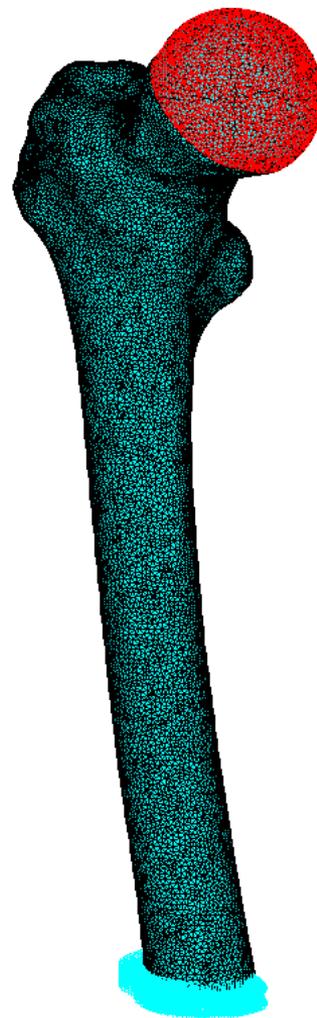
Создание 3D модели



Подготовка КЭ модели



КЭ модель состоит из
1 158 443 тетраэдральных
элементов и 252 378 узлов



Граничные условия:

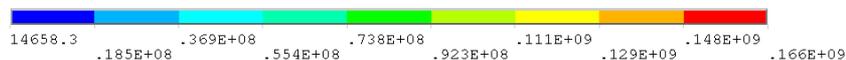
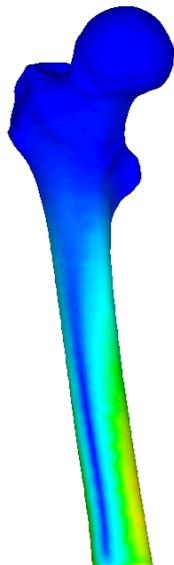
- Жесткое закрепление на срезе цилиндрической части кости;
- Равномерно распределенная нагрузка - 1 МПа.

Результаты прочностного расчета

1

NODAL SOLUTION

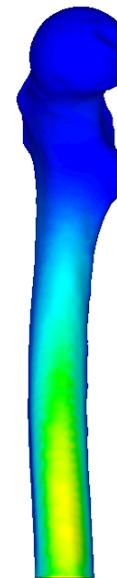
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
DMX =.01229
SMN =14658.3
SMX =.166E+09



1

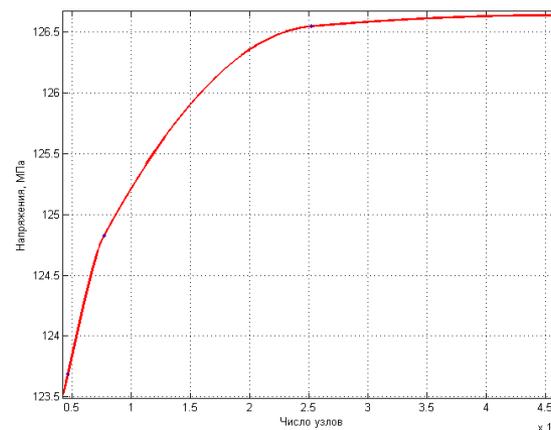
NODAL SOLUTION

STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
DMX =.01229
SMN =14658.3
SMX =.166E+09



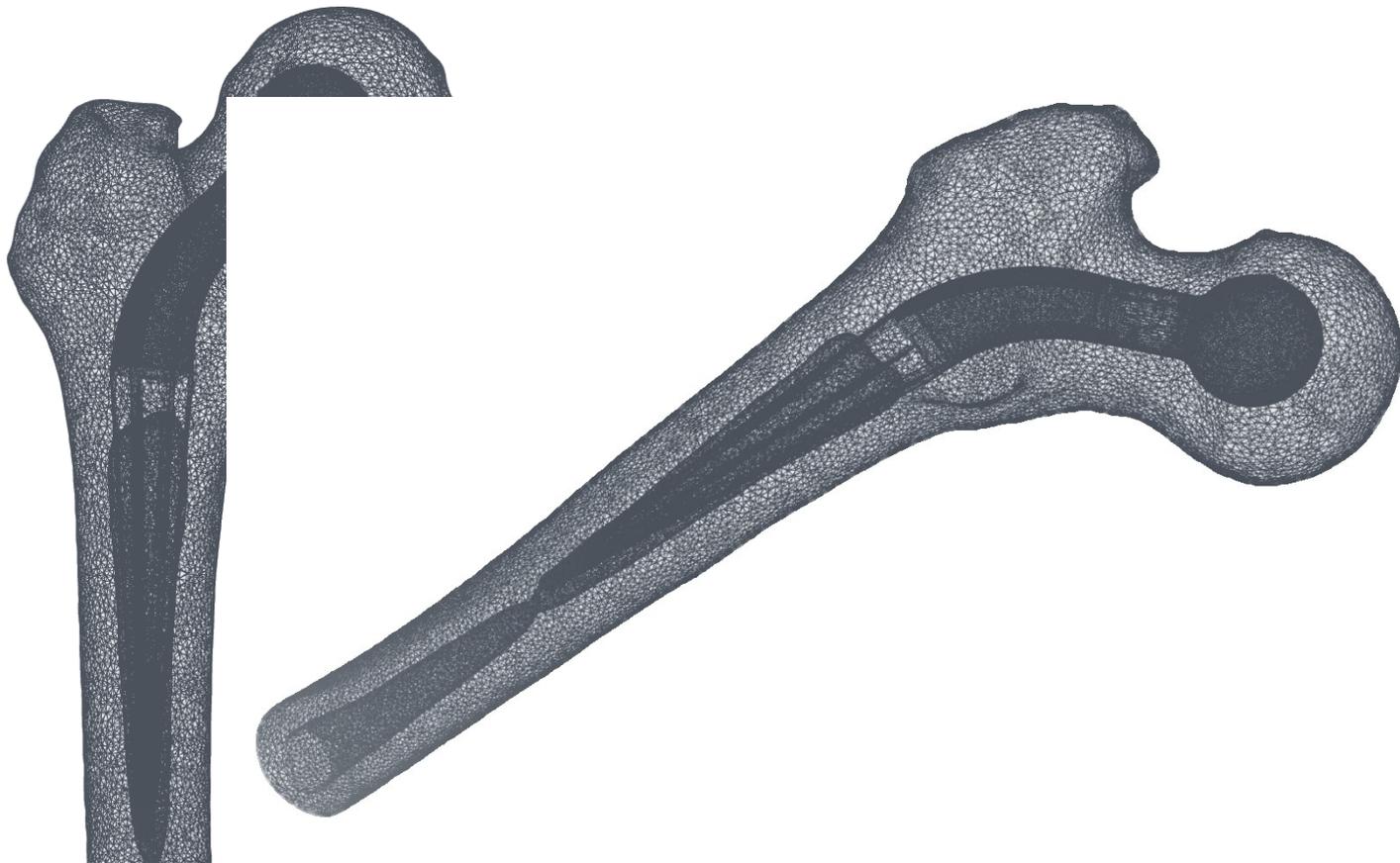
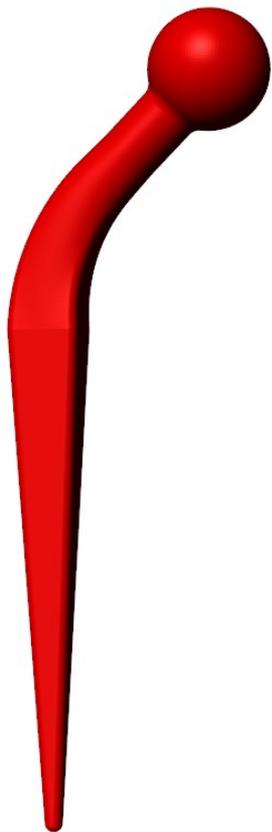
Распределение напряжений по Мизесу, Па

Величина напряжений в точке на
“ножке” кости равняется 126,5 МПа



Сходимость численного решения

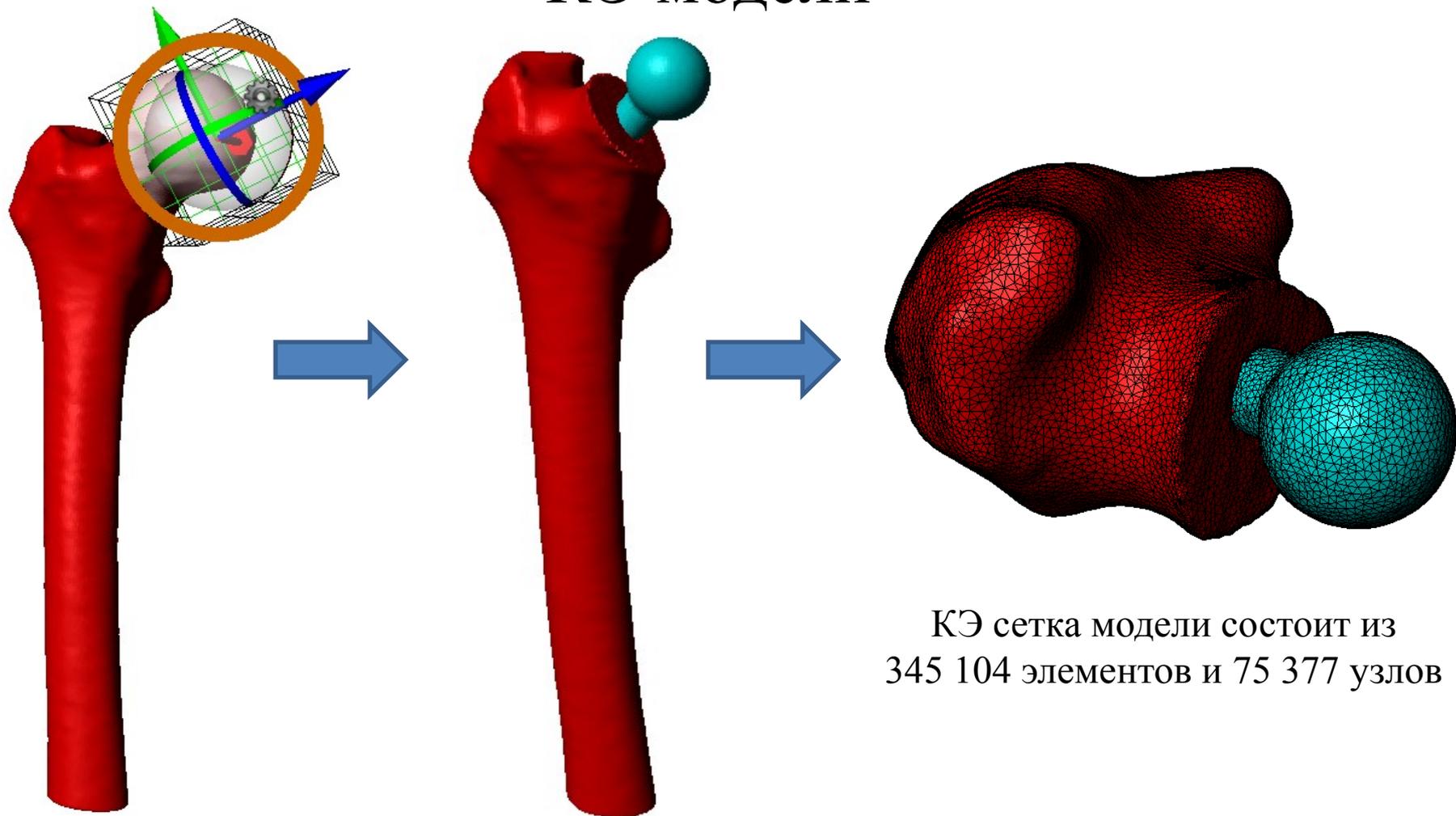
Позиционирование модели имплантата



Модель
тазобедренного
имплантата

Позиционирование модели имплантата производилось
в программной системе SolidThinking Evolve

Срез головки бедренной кости и подготовка КЭ модели



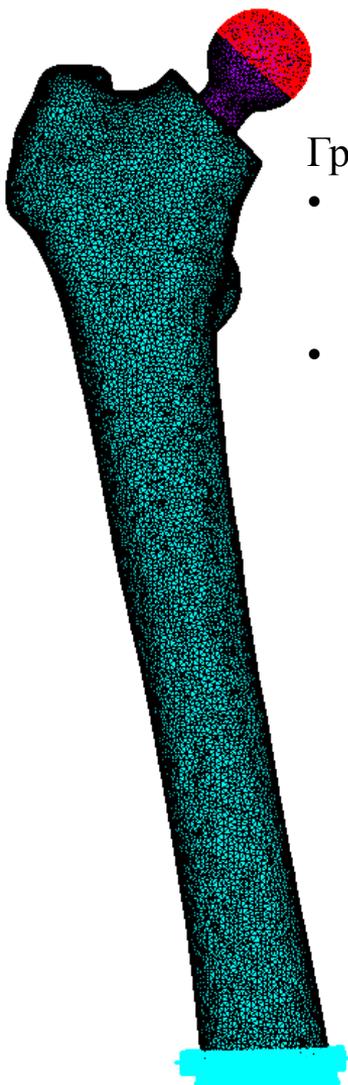
КЭ сетка модели состоит из
345 104 элементов и 75 377 узлов

Прочностной расчет модели “кость + имплантат”

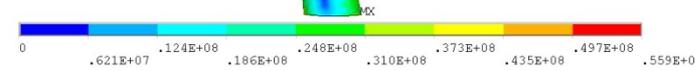
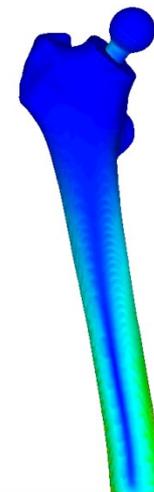
Граничные условия:

- Жесткое закрепление на срезе цилиндрической части кости;
- Равномерно распределенная нагрузка - 1 МПа

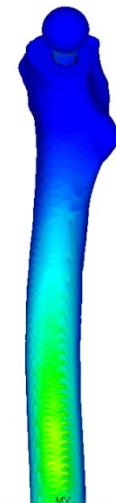
Величина напряжений в точке на “ножке” кости равняется 33,5 МПа



```
1 NODAL SOLUTION  
STEP=1  
SUB =1  
TIME=1  
SEQV (AVG)  
DMX =.003104  
SMX =.559E+08
```

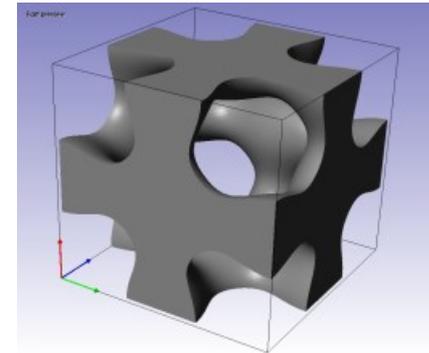
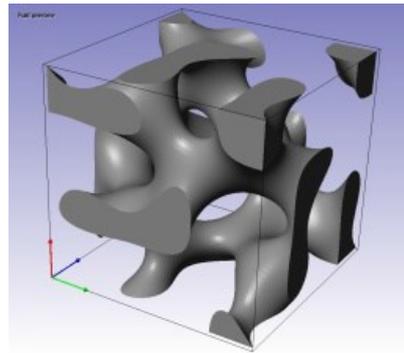
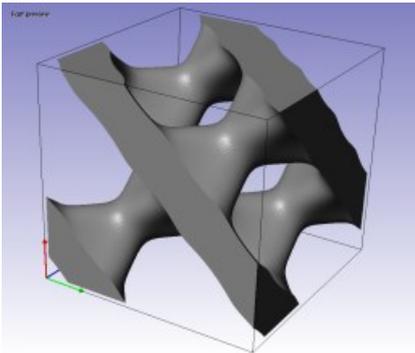


```
1 NODAL SOLUTION  
STEP=1  
SUB =1  
TIME=1  
SEQV (AVG)  
DMX =.003104  
SMX =.559E+08
```

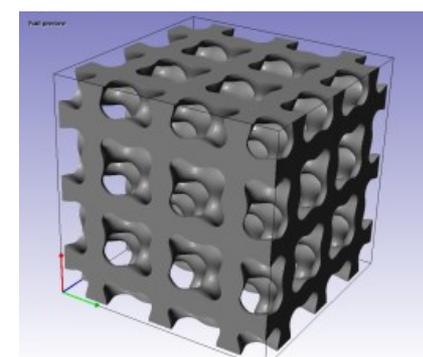
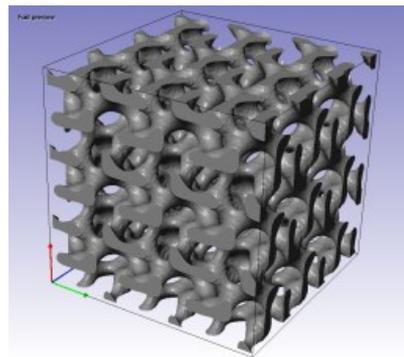
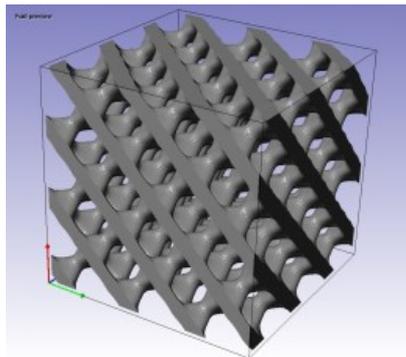


Lattice structures

Ячейки размером 1x1x1



Ячейки размером 3x3x3

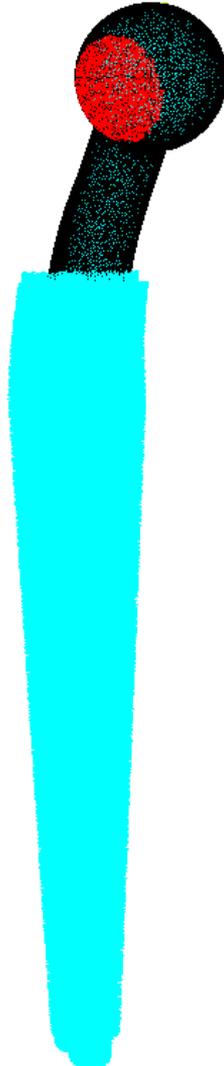


Schwartz diamond

Neovius' surface

Schwartz 'W'

Прочностное исследование имплантата



Граничные условия:

- Жесткое закрепление на ножку тазобедренного имплантата;
- Равномерно распределенная нагрузка - 1,5 МПа;
- Нагрузка направлена по нормали в каждом узле поверхности имплантата

Критерий качества имплантатов с внутренней структурой

структурой

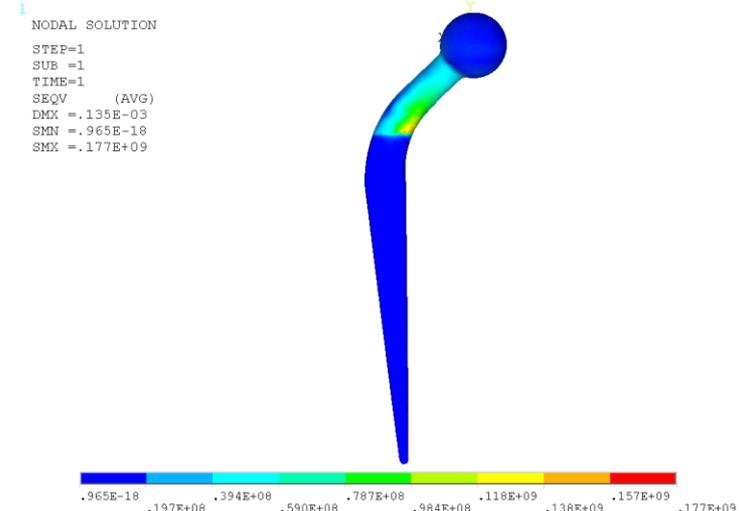
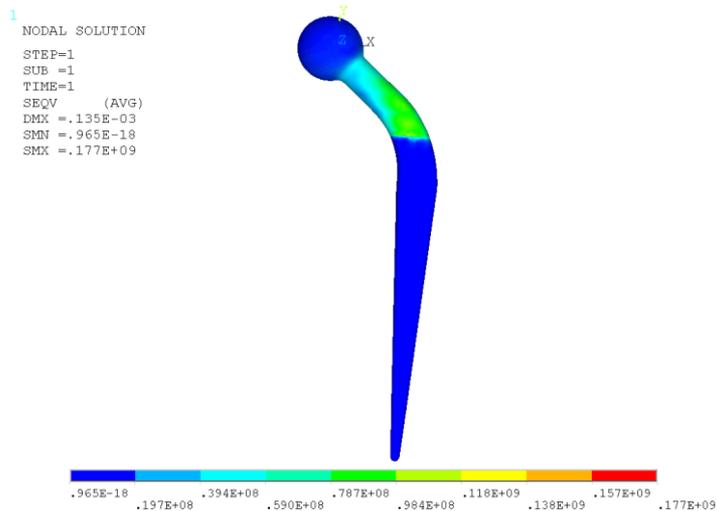
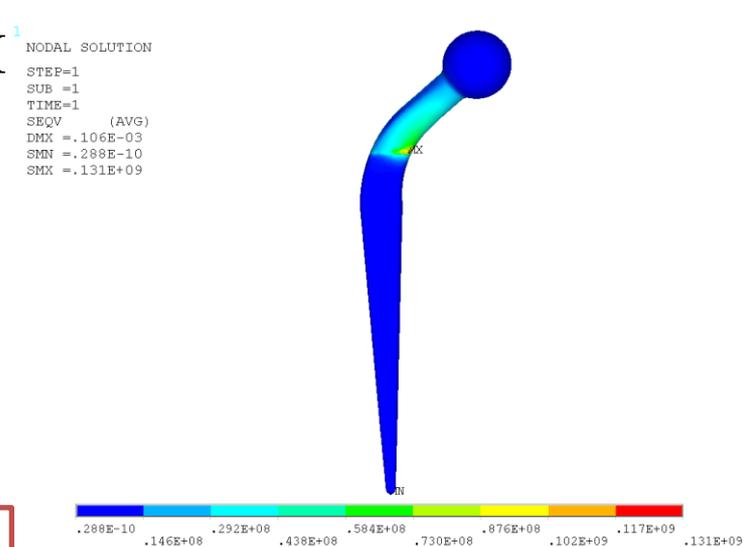
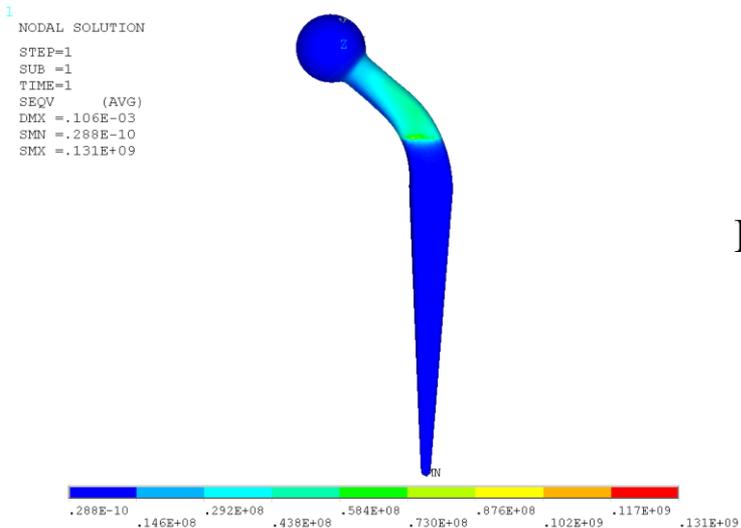
Цельный имплантат

$$\sigma_{max_1} = 131 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} \leq 154 \text{ МПа}$$

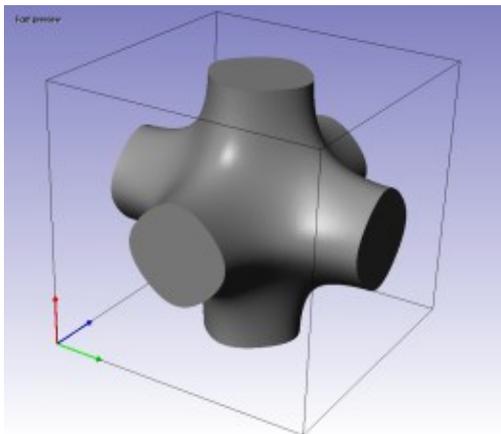
Полый имплантат

$$\sigma_{max_2} = 177 \text{ МПа}$$

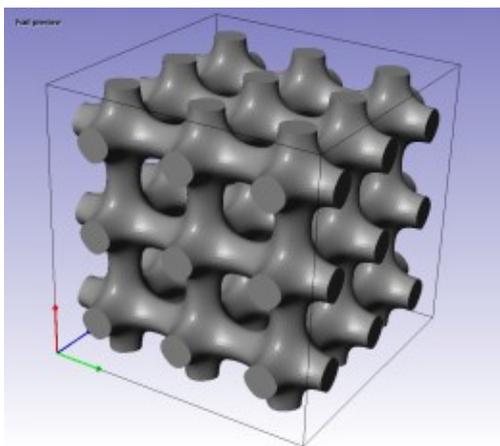


Создание lattice structure

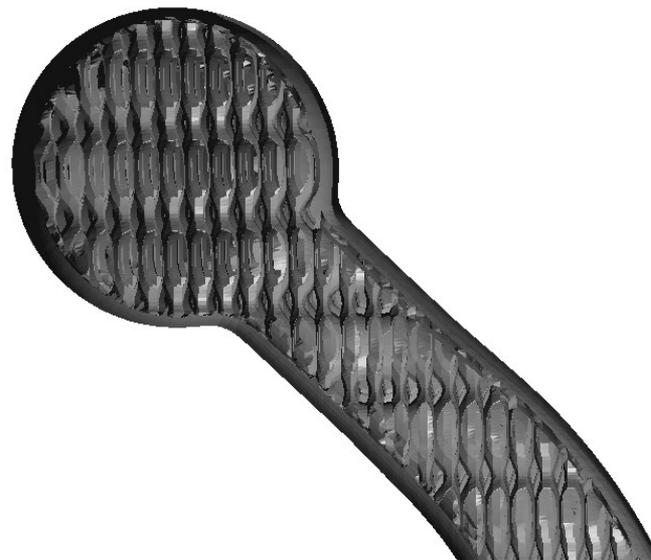
Schwartz Primitive (Pinched)



Ячейка 1x1x1

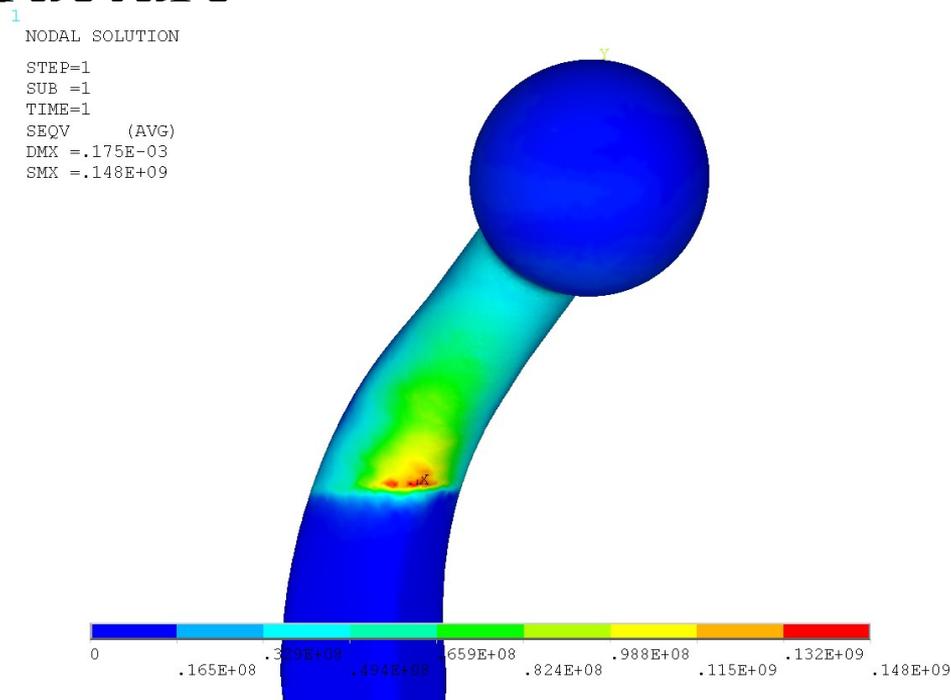
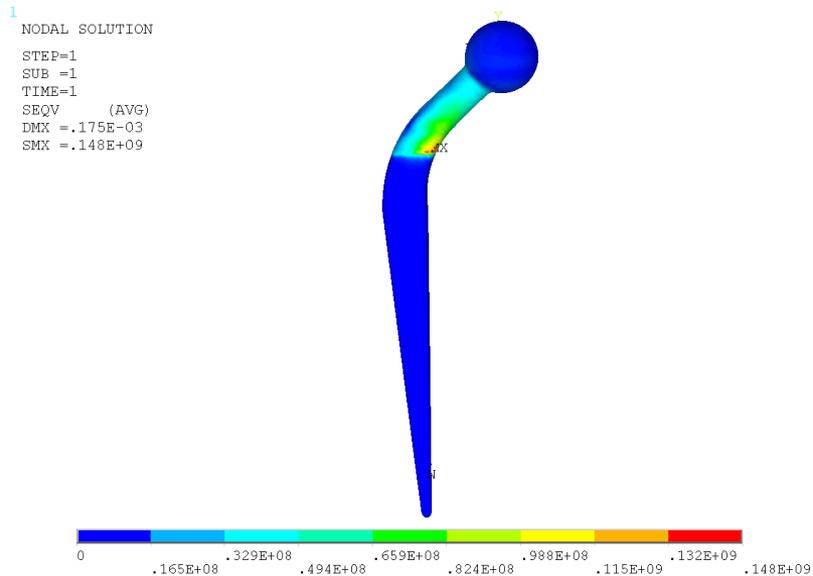


Ячейка 3x3x3

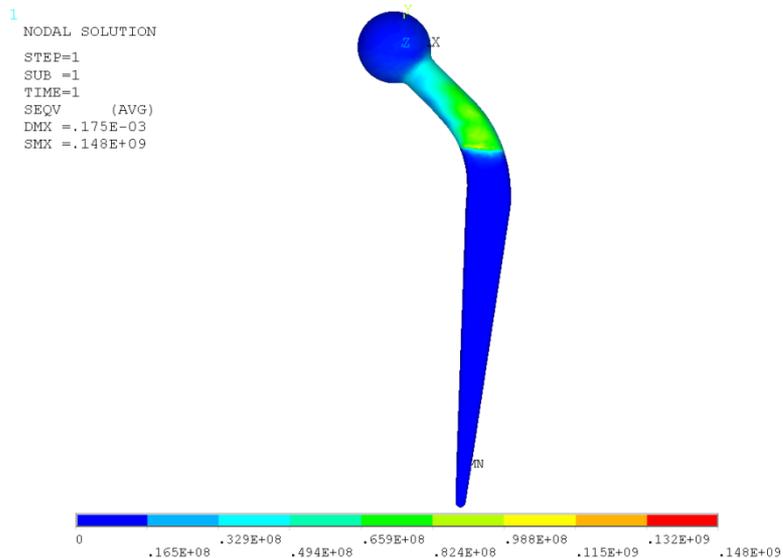


Прочностной расчет имплантата с lattice structure

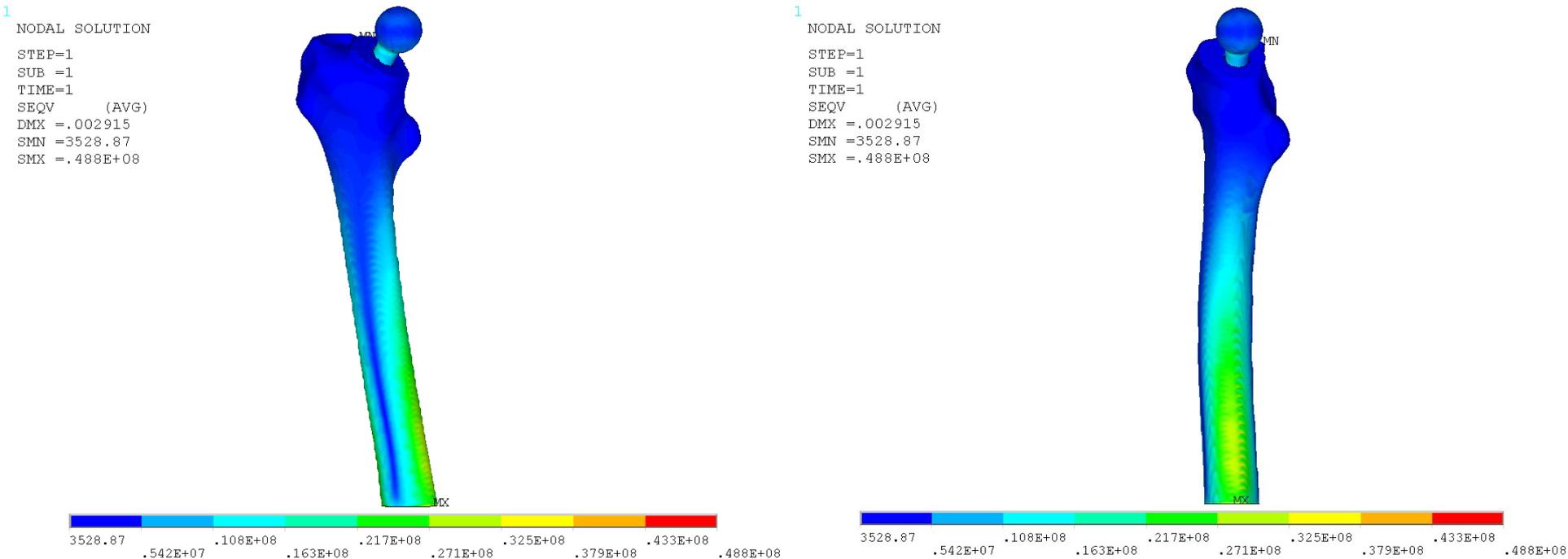
structure



$$\sigma_{max} = 148 \text{ МПа}$$



Прочностной расчет модели “кость + имплантат с lattice structure”



Распределение напряжений по Мизесу, Па

Величина напряжений в точке на “ножке”
кости равняется 34,1 МПа



Анализ результатов

Напряжения в точке на цилиндрической части кости

	Модель без имплантата	Модель с цельным имплантатом	Модель имплантата с lattice structure
Величина напряжений, МПа	126,547	33,461	34,069

Масса моделей

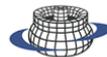
	Модель без имплантата	Модель с цельным имплантатом	Модель имплантата с lattice structure
Масса кости, г	606,6	465,9	465,9
Масса имплантата, г	-	121,6	68,8
Процентное отношение по массе имплантатов, %	-	43,4	
Масса модели, г	606,6	587,5	534,7



Выводы

В ходе выполнения работы были получены следующие результаты:

- Созданы 3D модель бедренной кости, модели кости с имплантатом и модели с имплантатом с внутренней решетчатой структурой;
- Проведен прочностной расчет полученных 3D моделей;
- Проведена оценка массы полученных моделей;
- Приведен критерий качества для оценки имплантата с lattice structure



Спасибо за внимание!