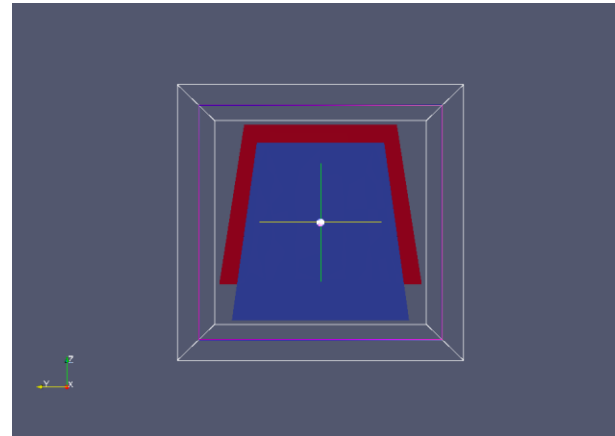
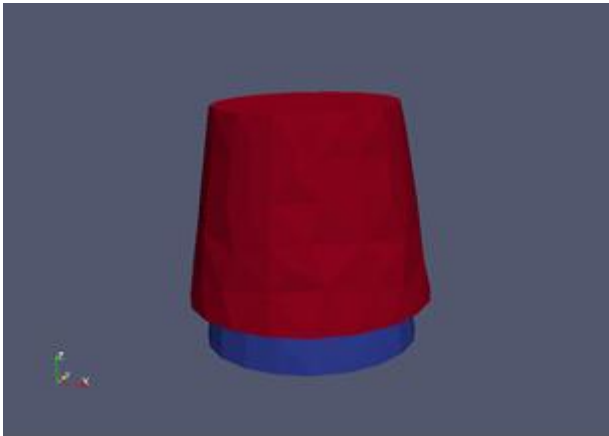


ИЗУЧЕНИЕ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ ФИКСАЦИИ ПРОТЕЗОВ ПРИ
ПОМОЩИ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ
ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ И
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ассистент кафедры ортопедической стоматологии Пашук Андрей Павлович

Введение

- Проводится математическое моделирование напряженно-деформированного состояния конусовидных телескопических коронок. Для этого выделены две подобласти в области моделирования, соответствующие частям конусовидных телескопических коронок. На рисунке представлена область моделирования (трехмерная и в разрезе вдоль оси OZ).

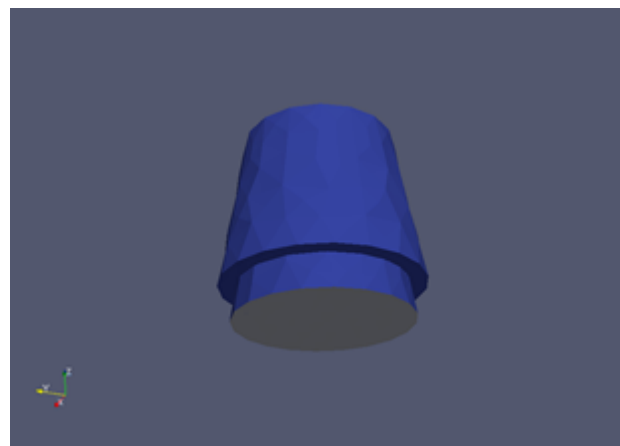
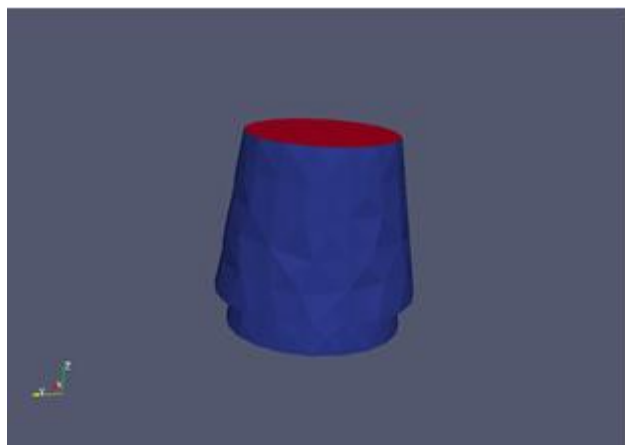


Модель и расчеты

- Для построения геометрии моделируемого объекта и генерации трехмерной тетраэдрарной сетки, необходимой для расчета напряженно-деформируемого состояния системы с помощью метода конечных-элементов, мы использовали свободно распространяемый генератор конечно-элементных сеток Gmsh

Модель и расчеты

- Для нахождения напряжений и перемещений в конусовидных телескопических коронках при заданной нагрузке разделим внешнюю поверхность на три части, различающиеся по условиям задания внешних воздействий на них (см. рис.):
- 1. Свободная поверхность (Γ_1), на которой задано отсутствие внешних напряжений. На рисунке окрашена в синий цвет.
- 2. Поверхность, на которой задано внешнее нормальное напряжение (Γ_2). На рисунке окрашена в красный цвет.
- 3. Поверхность, на которой задано условие отсутствия смещений (Γ_3). На рисунке окрашена в серый цвет.



Модель и расчеты

- Задача о нахождении поля напряжений представляет собой статическую задачу теории упругости. Основные уравнения теории упругости представляют собой комбинацию уравнения баланса импульса и материальных уравнений упругой среды.
- Уравнение баланса импульса в случае малых деформаций имеет вид
- $$\rho \ddot{u} = \operatorname{div} \sigma, \quad (1)$$
- где ρ — плотность, σ — тензор напряжений.
- Левая часть уравнения, представляющая собой инерционный член, становится заметной только при рассмотрении акустических явлений, т.е. на временах характерных для периода акустических характеристик колебаний. Поэтому в нашем случае, где рассматриваются сравнительно медленно меняющиеся нагрузки, инерционным членом можно пренебречь и уравнение сводится к
- $$\operatorname{div} \sigma = 0. \quad (2)$$

Модель и расчеты

- Материальные уравнения упругости связывают тензор напряжений с тензором деформаций ε , который определяется как

$$\varepsilon = \frac{1}{2} (\text{grad } u + \text{grad } u^T) \quad (3)$$

- где \vec{u} — поле вектора смещений определенное во всех точках среды, индекс T означает транспонирование тензора.

- Закон упругости Гука в трехмерной форме записывается как

$$\sigma = \frac{E}{1+\nu} \left(\varepsilon + \frac{\nu}{1-2\nu(x)} \text{tr } \varepsilon I \right) \quad (4)$$

- где $E(x)$ – модуль Юнга, $\nu(x)$ – коэффициент Пуассона, tr — операция взятия следа тензора, I — единичный тензор.
- Модуль Юнга и коэффициент Пуассона описывают упругие свойства материала и, вообще говоря, зависят от пространственных координат.

Модель и расчеты

- Уравнения (2)-(4) дополняются следующими граничными условиями:

$$\sigma \cdot \vec{n}(\mathbf{x}) = 0, \quad \mathbf{x} \in \Gamma_1 \quad , \quad (5)$$

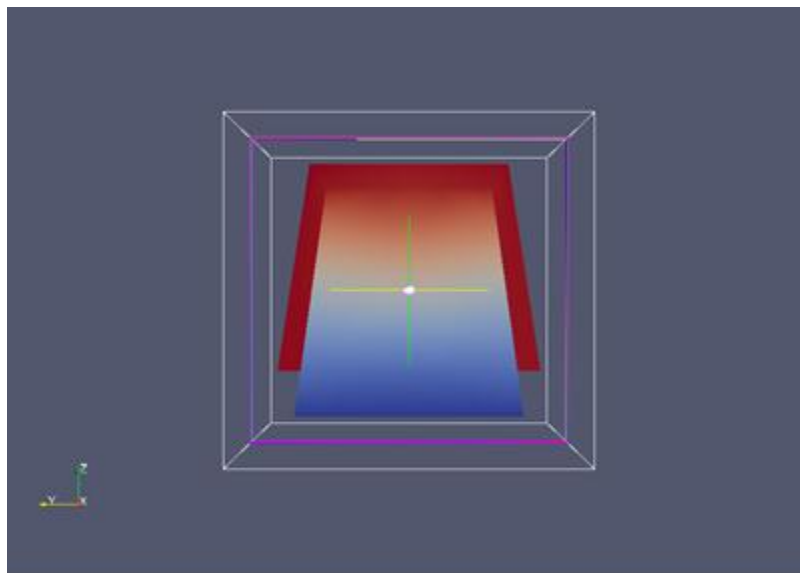
$$(\sigma \cdot \vec{n})(\mathbf{x}) = \mathbf{f}(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in \Gamma_2 \quad , \quad (6)$$

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}) = 0, \quad \mathbf{x} \in \Gamma_3 \quad . \quad (7)$$

- Кроме того на границе контакта подобластей предполагается, что нормальные напряжения на ней непрерывны.
-
- Приближенное решение задачи (2)-(7) осуществлялось на основе метода конечных элементов. Для этого была построена дискретная вариационная задача, программная реализация которой была выполнена на языке Python с использованием свободной библиотеки для решения дифференциальных уравнений в частных производных FEniCS

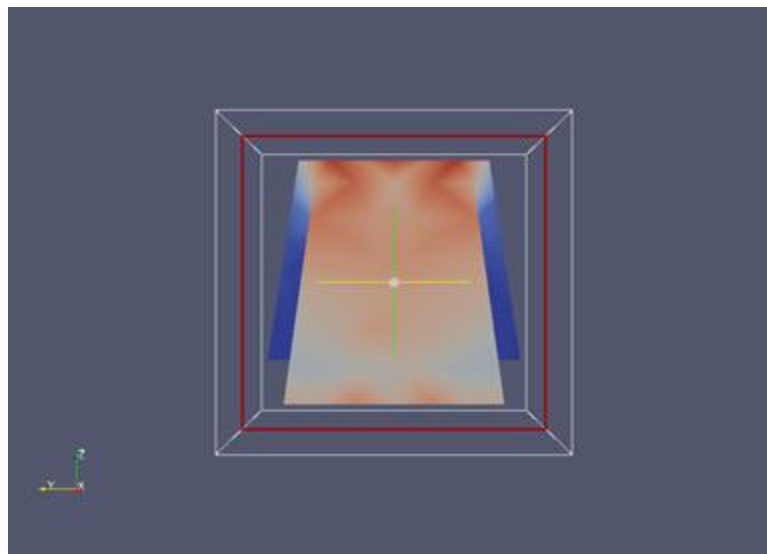
Модель и расчеты

- Были проведены расчеты при заданной нагрузке, направленной вертикально вниз и равной 10 кг, что эквивалентно усилию необходимому для процесса жевания.



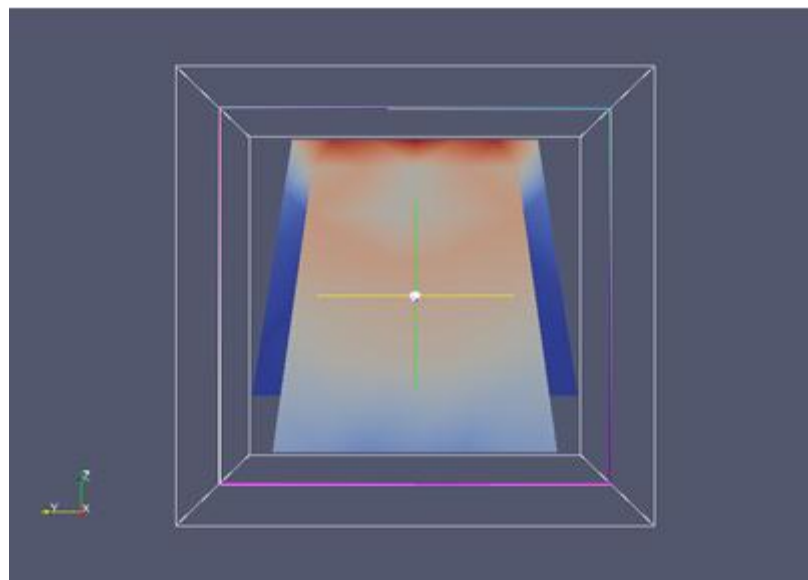
- Распределение модуля перемещений

Модель и расчеты



- Распределение магнитуды напряжений

Модель и расчеты



- Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу.

Выводы

- Работа над построением математической модели продолжается и конкретные выводы будут представлены после всех проведенных расчетов.

Спасибо за внимание