

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математической теории  
упругости и биомеханики

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ  
ИМПЛАНТАТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 431 группы  
направления 01.03.03 – Механика и математическое моделирование  
механико-математического факультета  
Курбатовой Оксаны Андреевны

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_

А. В. Доль

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_

Л. Ю. Коссович

Саратов 2016

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Общая характеристика работы.** Выпускная квалификационная работа выполнена на тему "Сравнительный анализ стоматологических имплантатов". В работе проведено моделирование челюстной кости и стоматологических имплантатов с абатментами разных форм. Проведены расчеты на прочности модели челюсти с установленными имплантатами с приложенной жевательной нагрузкой в 100Н под углом 30°, выполнен анализ напряженно-деформированного состояния кости.

**Объект исследования:** Стоматологические имплантаты двух длин с абатментами разных форм, участок челюсти.

**Актуальность.** Реабилитация больных с адентией является актуальной проблемой. Даже качественно изготовленные протезы не всегда хорошо фиксируются. Лечение пациентов при помощи традиционных съемных протезов не решает задачу обеспечения полноценной работы жевательной системы и повышения качества жизни, связанного со стоматологическим здоровьем.

**Структура и объем работы.** Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованных источников, включающего 27 наименований. Работа изложена на 40 листах машинописного текста, содержит 20 рисунков и 8 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается важность математического моделирования в современной стоматологии, излагаются основные проблемы, с которыми сталкиваются стоматологи во всем мире.

**В первом подразделе первого раздела** рассматриваются базовые понятия и задачи моделирования в стоматологии. Описывается суть метода конечных элементов.

Цель компьютерного моделирования при протезировании зубов - приблизить зубозаменяющие конструкции к идеалу, максимально исключив неточности, и заранее увидеть полноценную модель зубного протеза, в том числе в уже установленном виде, чтобы наилучшим образом спланировать сам процесс протезирования.

В результате всё это позволяет имплантату функционировать и находиться в кости очень долгое время, не деформируясь и не принося дискомфорта пациенту.

**Во втором подразделе первого раздела** рассматривается применение программного комплекса SolidWorks и пакета конечно-элементного анализа ANSYS.

**Во втором разделе** описываются разновидности имплантатов и влияние их строения и размеров на челюстную кость.

**В первом подразделе второго раздела** уделяется внимание описанию имплантатов стандартного размера и биомеханические характеристики, которые зависят от размеров имплантатов. Размеры имплантатов имеют биомеханическое и клиническое значение. Вместе с тем размеры имплантата существенно ограничены анатомическими образованиями челюстно-лицевой области.

**Во втором подразделе второго раздела** описываются короткие имплантаты.

Считается, что короткие имплантаты нужно рассматривать как целесообразную альтернативу костнопластическим операциям. Зубное протезирование с опорой на короткие имплантаты у больных с дефицитом костной ткани, имеет много преимуществ, как для врача, так и для пациента. Наилучшие исходы лечения получаются при установке имплантатов длиной

меньше 7 мм, которые демонстрируют высокую клиническую эффективность при выраженной атрофии костной ткани, позволяя обходиться без сложных костнопластических операций.

**В третьем разделе** проводится описание численных экспериментов.

В первом разделе третьей главы рассматривается программный комплекс SolidWorks.

Трёхмерная деталь SolidWorks получается в результате комбинации трёхмерных примитивов. Большинство элементов основаны на плоском эскизе, по которому создается базовый трёхмерный объект. Последовательное наращивание 3D объектов и позволяет в итоге получить желаемый результат.

Также проводится создание геометрии фрагмента челюсти рисунок 1.

Для создания геометрии верхней челюсти, приближенной к реальной модели, использовались снимки компьютерной томографии челюсти с отсутствующими зубами. Современная стоматология широко использует методы радиологической диагностики.

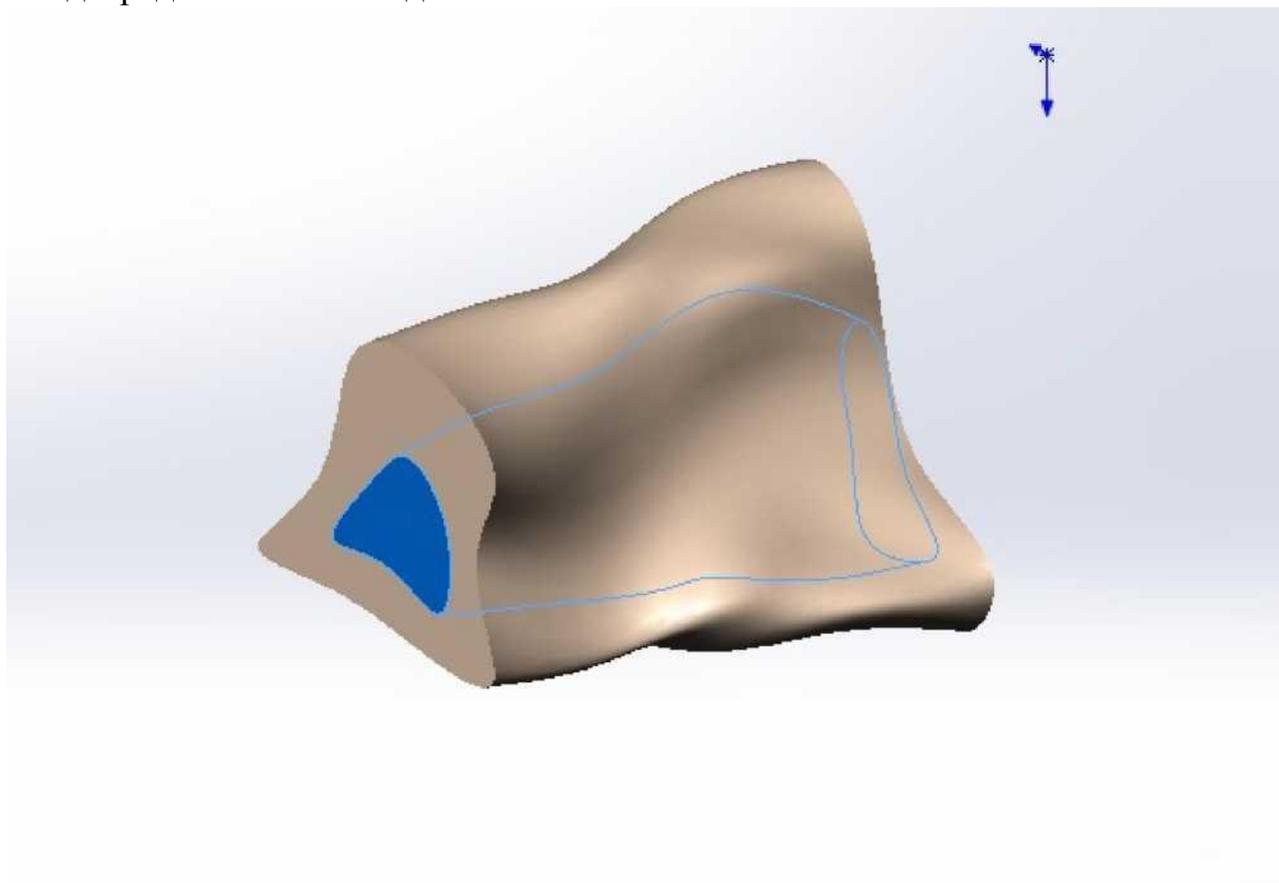


Рисунок 1 - Модель челюсти, состоящая из губчатого и кортикального слоев.

Модель стоматологической конструкции состоит из 2 частей: имплантат - часть, которая закрепляется в челюстной кости, и абатмент, который ввинчивается в имплантат, и на котором в дальнейшем закрепляется коронка.

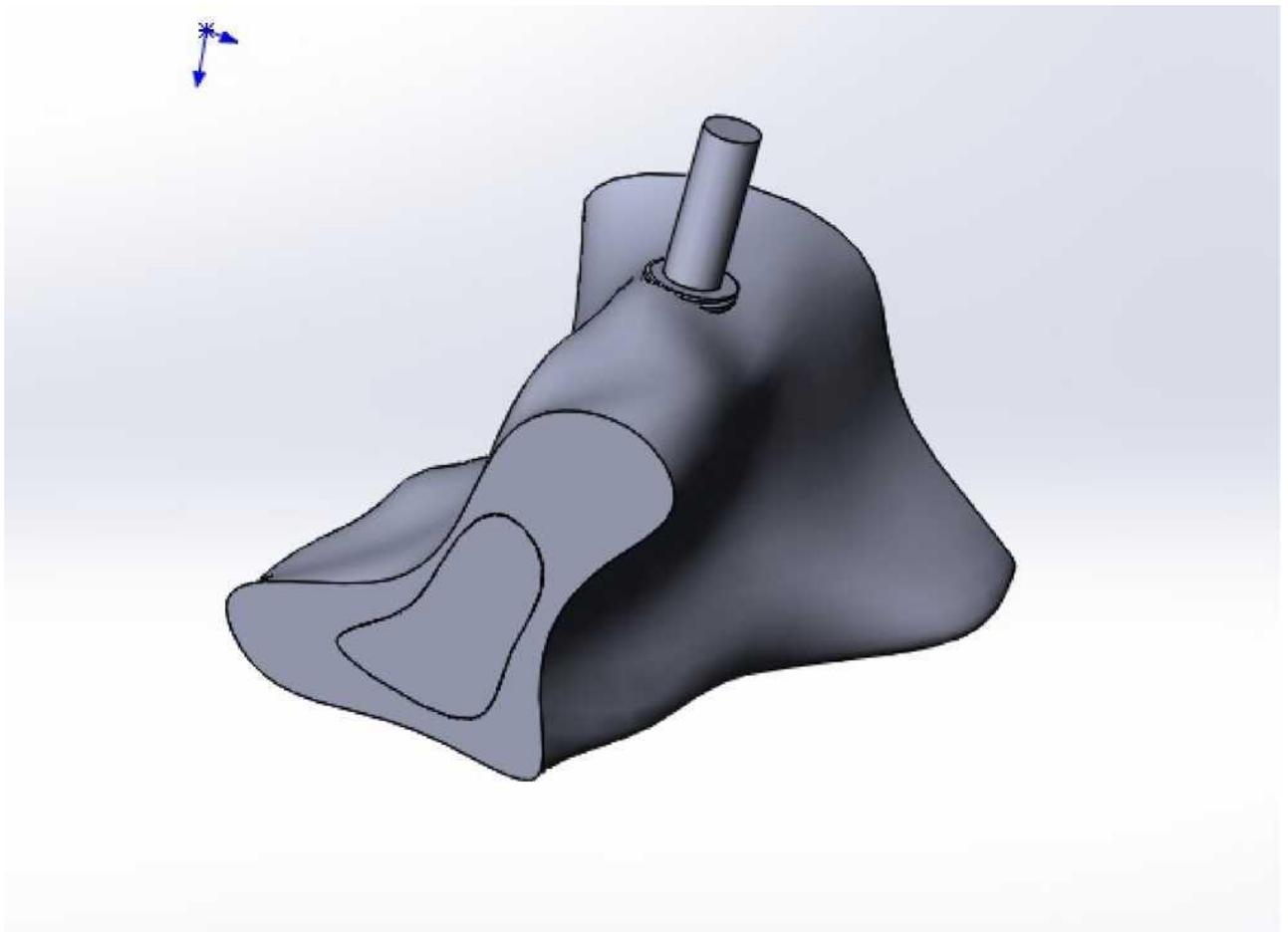
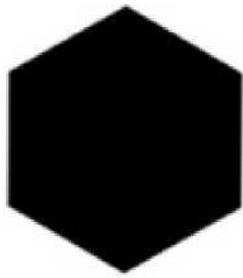


Рисунок 2 - Конструкция, установленная в кость.

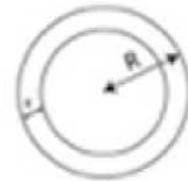
Было построено 8 моделей стоматологических конструкций разных форм поперечного сечения и разной высоты как абатмента, так и имплантата. Формы моделей указаны на рисунке 3 . Размеры абатмента и имплантата указаны на рисунке 4.



6-ти угольник

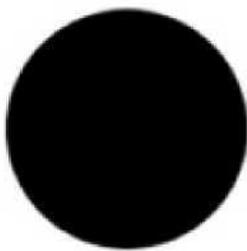


6-ти угольник со скругленными углами

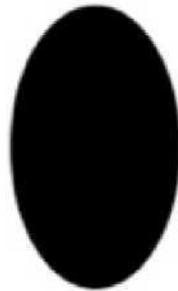


$$r=0,3-0,5$$

$$R=2 \text{ мм}$$



Круг



Эллипс

Рисунок 3 - Формы поперечного сечения абатмента.

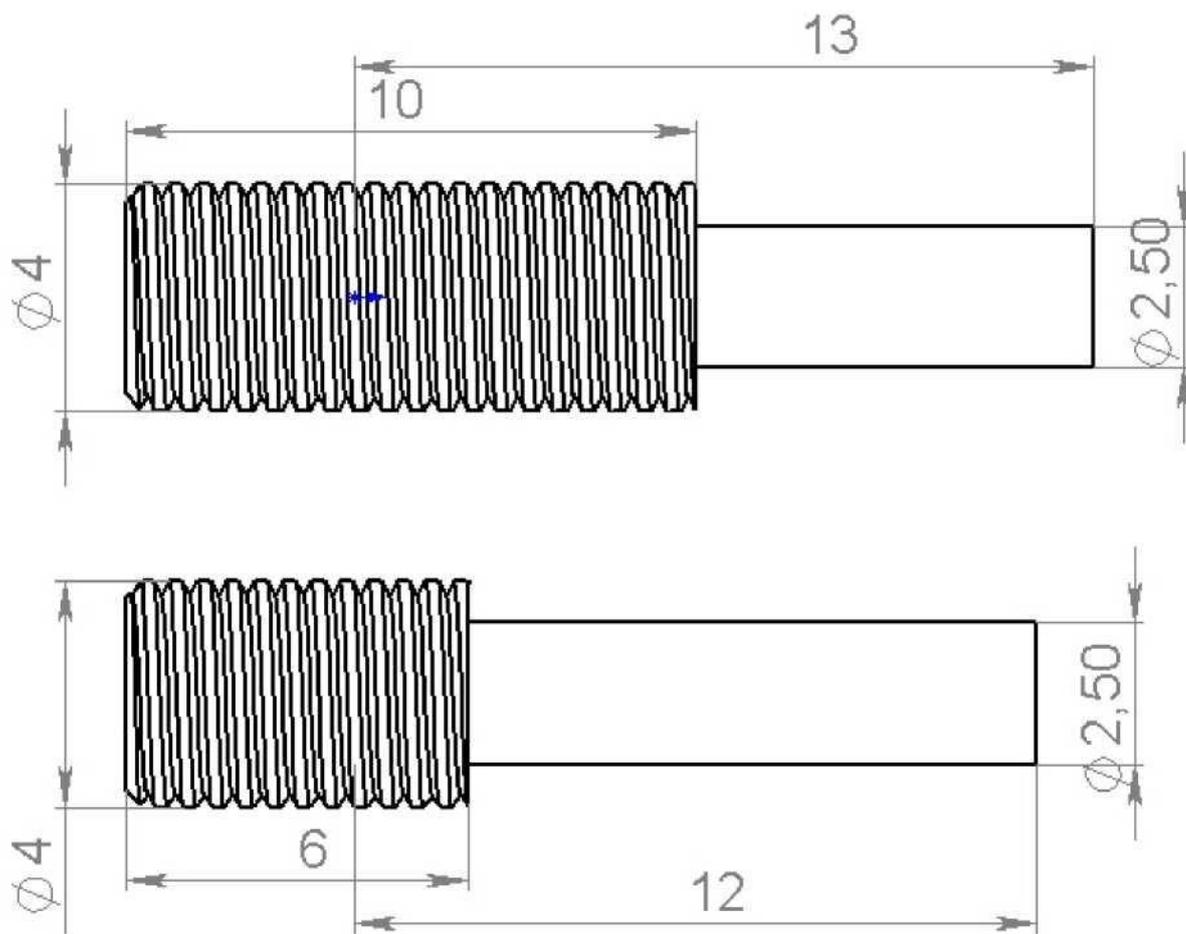


Рисунок 4 - Размеры абатмента и имплантата и миллиметрах.

**Во втором подразделе третьего раздела** описывается математическая постановка задачи.

Данная задача является статической задачей теории упругости с отсутствующими объемными силами. Ее можно представить в виде основной задачи третьего типа, в которой по заданным массовым силам  $f_i$  требуется определить компонентах тензора напряжений  $\sigma_{ij}(x_k)$  и перемещения  $u_i(x_k)$ , удовлетворяющие основным уравнениям:

$$\sigma_{ij,j} + \rho f_i = 0$$

$$\sigma_{ij} = \lambda \theta \delta_{ij} + G(u_{i,j} + u_{j,i})$$

При выполнении смешанных граничных условий:

$$\begin{cases} \sigma_{ij} n_j |_{S_i} = t_i, \\ u_i |_{S_u} = u_i^{(S)} \end{cases}$$

**В третьем подразделе третьего раздела** проводится расчет напряженно-деформированного состояния.

Для расчетов на прочности построенных моделей была выбрана универсальная программная система конечно-элементного анализа Ansys Workbench в которую были импортированы модели. Результаты расчетов были сведены в таблицы для последующего анализа.

**В четвертом подразделе третьего раздела** был проведен анализ результатов стандартных и коротких имплантатов.

В результате проведенных исследований были получены результаты, указанные в таблицах 3-8. Минимальные напряжения и деформации в кости вызывают стандартные имплантаты.

**В пятом подразделе третьего раздела** был проведен анализ результатов для различных форм абатментов.

Проведя анализ полученных данных, можно сделать вывод о том, что в данном случае имплантаты с круглой формой сечения абатмента имеют меньшие деформации и в них возникают меньшие напряжения.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе, были рассмотрены актуальные задачи 3D моделирования в стоматологии. Были построены восемь трехмерных моделей стоматологических имплантатов, фрагмент челюсти, состоящий из кортикального и губчатого слоев. Были определены области концентраций высоких напряжений в имплантате и кости. Была подобрана конечно-элементная сетка, которая не влияет на результаты решения. Найдены минимальные и максимальные значения эквивалентных напряжений и деформаций.

Было проведено сравнение двух стоматологических имплантатов разной длины. В результате сравнения было получено, что стоматологические имплантаты стандартной длины испытывают меньшие напряжения и осуществляют меньшие воздействия на кость. Однако короткие имплантаты испытывают близкие к ним деформации.

В работе было проведено сравнение четырех форм абатментов, в ходе которого было выявлено, что имплантаты с круглой формой поперечного сечения абатмента испытывают меньшие деформации и напряжения.