

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математической теории
упругости и биомеханики

Численное моделирование стоматологических имплантатов

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы

направления 01.03.03 – Механика и математическое моделирование

механико-математического факультета

Макарова Федора Васильевича

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н.
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

А.В. Доль
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой
профессор, д.ф.-м.н.
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

Л.Ю. Коссович
инициалы, фамилия

Саратов 2017

Общая характеристика работы. Выпускная квалификационная работа выполнена на тему «Численное моделирование стоматологических имплантатов». В работе проведено моделирование челюстной кости и стоматологических имплантатов с абатментами разных форм. Проведены расчеты на прочность модели челюсти с установленными имплантатами с приложенной жевательной нагрузкой в 100 Н под углом 30^0 и моментом 0.07 Н*м, выполнен анализ напряженно-деформированного состояния челюстной кости.

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

Актуальность. Отсутствие зубов, полное или частичное, серьезно сказывается на качестве жизни человека. Большинство пациентов данная проблема зачастую воспринимается как эстетическая, но даже потеря всего одного зуба может оказать влияние не только на состояние полости рта, но и на организм в целом. Современная стоматология и имплантология предлагают целый спектр решений проблемы недостающих зубов.

При частичном отсутствии зубов применяются следующие протезы: традиционные мостовидные [1], бюгельные [2], пластиковые и нейлоновые пластинчатые протезы [3] и, конечно же, протезирование на имплантатах [4]. Последняя методика является самым надежным и эстетичным способом восстановления зубов. Преимуществами имплантатов являются долгий срок службы и отсутствие необходимости обтачивать соседние зубы (как при традиционном мостовидном протезировании). Зубной протез, установленный на имплантат, полностью заменяет отсутствующий зуб, как эстетически, так и функционально [5].

Структура и объем работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованных источников, включающего в себя 25 наименований. Работа изложена на 40 листах, 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 разделе первой главы 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 разделе первой главы рассматривается применение программного комплекса SolidWorks и пакета конечно-элементного анализа ANSYS.

Во второй главе описываются разновидности имплантатов и влияние их строения и размеров на челюстную кость.

В первом разделе второй главы 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 челюстнолицевой области.

Во втором разделе второй главы 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 [6].

В третьей главе проводится описание численных экспериментов.

В первом разделе третьей главы рассматривается программный комплекс SolidWorks.

Трехмерная модель SolidWorks получается в результате комбинации трехмерных примитивов. Большинство элементов основаны на плоском эскизе, по которому создается базовый трехмерный эскиз. 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.

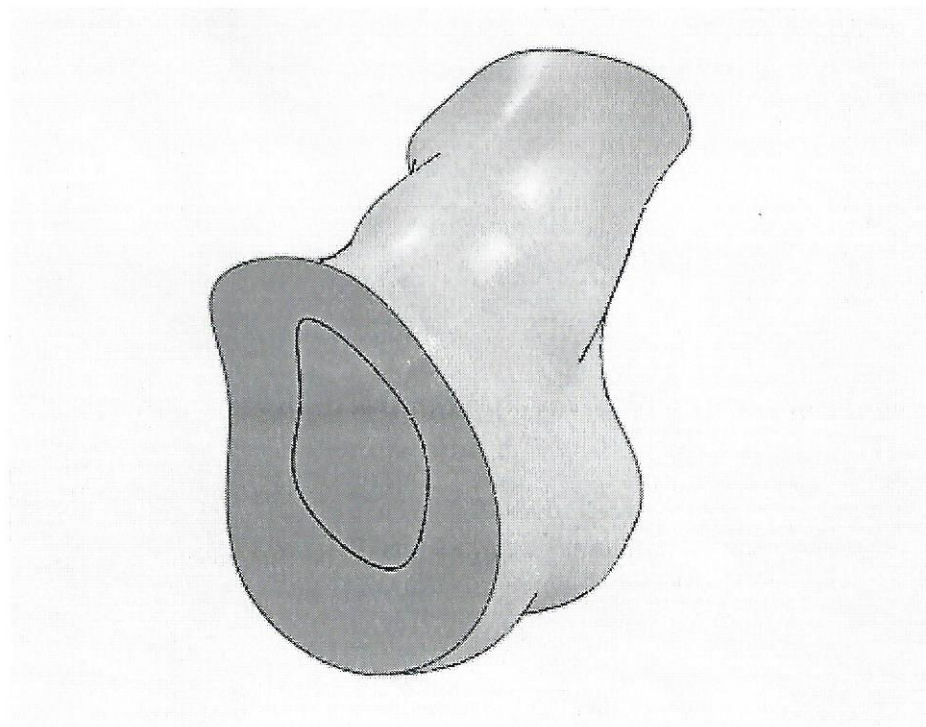


Рисунок 1. Модель челюсти, состоящая из кортикального и губчатого слоев.

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

В качестве метода закрепления имплантата в челюстной кости пациента был выбран метод винтовой фиксации (рисунок 2), этот метод является наиболее популярным среди практикующих стоматологов.

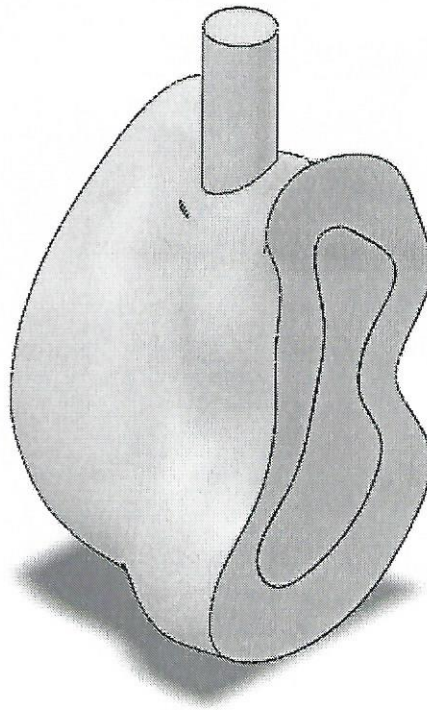


Рисунок 2. Конструкция, установленная в кость.

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.

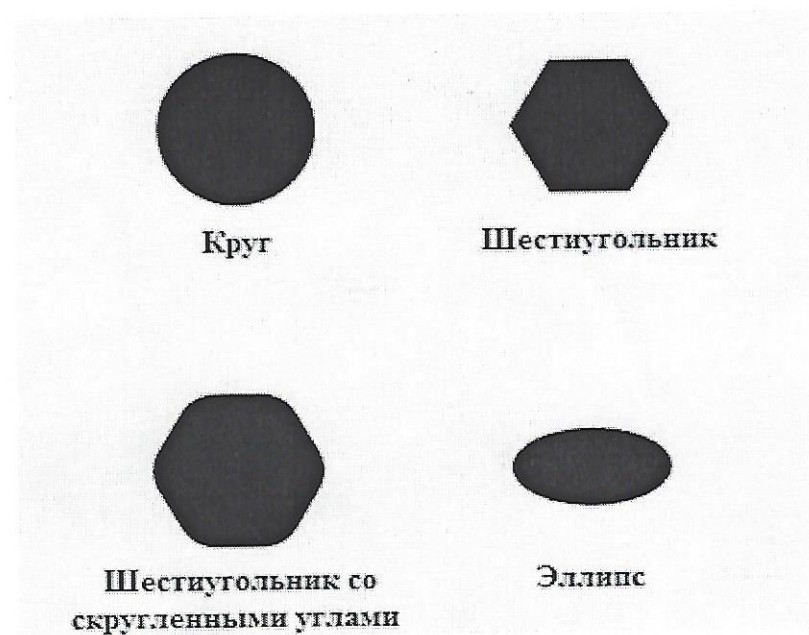


Рисунок 3. Формы поперечного сечения абатмента.

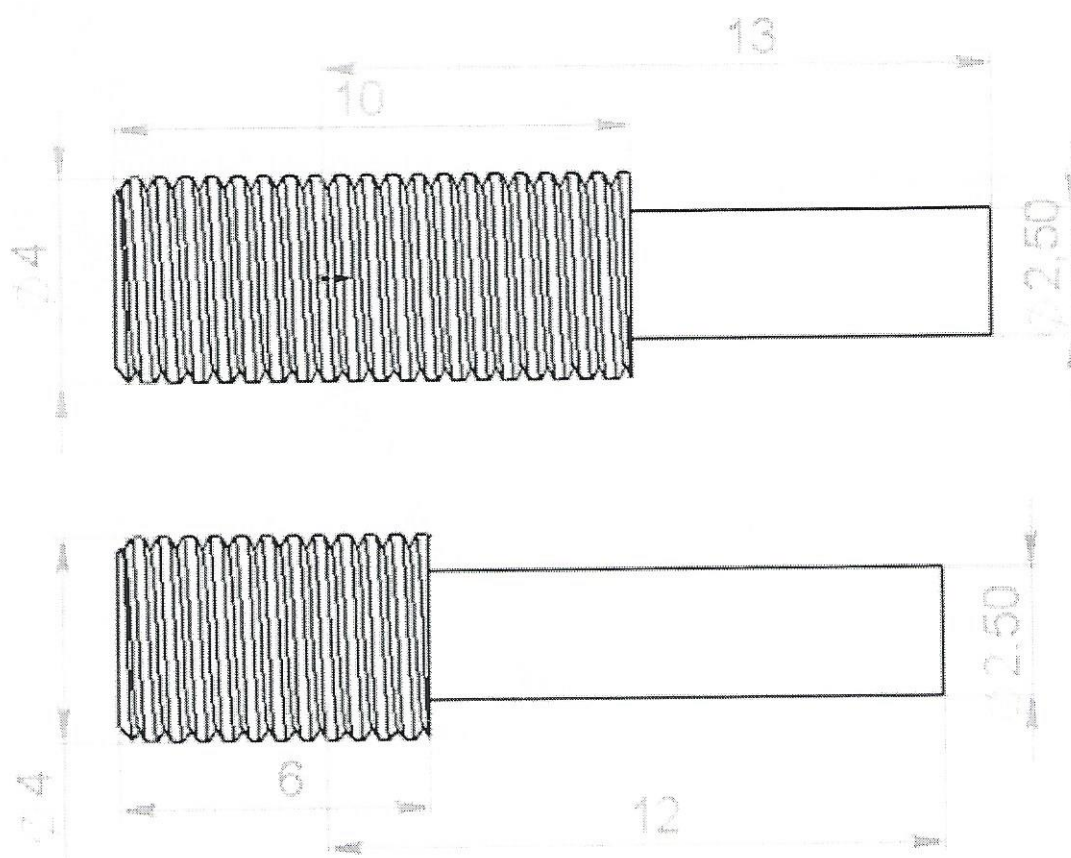


Рисунок 4 Размеры абатмента и имплантата в миллиметрах

Во втором разделе третьей главы описывается математическая постановка задачи.

Данная задача является статической задачей теории упругости с отсутствующими объемными силами [7]. Ее можно представить в виде основной задачи третьего типа, в которой требуется определить компоненты тензора напряжений $\sigma_{ij}(x_k)$ и перемещения $u_i(x_k)$, удовлетворяющим основным уравнениям

$$\sigma_{ij,j} = 0 \quad (1)$$

где σ_{ij} – компоненты тензора напряжений.

$$\sigma_{ij} = \lambda \theta \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

Где λ - коэффициент Ламе,

θ - объемная деформация,

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (3)$$

Где ε_{ij} тензор поля деформации $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}(x_k)$,

u_i – вектор перемещений $u_{ij} = u_{ij}(x_k)$,

связывающие компоненты тензора деформации и перемещения.

при выполнении смешанных граничных условий:

$$\begin{cases} \sigma_{ij} n_j |_{S_t} = t_i \\ u_i |_{S_u} = u_i^{(s)} \end{cases} \quad (4)$$

В третьем разделе третьей главы проводится расчет напряженно-деформированного состояния.

Для расчетов на прочность 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 разделе третьей главы 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.

Таблица 3. Результаты расчетов для стандартного имплантата.

Абатмент	Максимальные эквивалентные напряжения (МПа)	Максимальные перемещения (мм)
Круглого сечения	239.33	0.20087
Шестиугольного сечения	416.83	0.31626
Шестиугольного сечения со скругленными углами	420.92	0.29334
Эллиптического сечения	317.36	0.36681

Таблица 4. Результаты расчетов для короткого имплантата.

Абатмент	Максимальные эквивалентные напряжения (МПа)	Максимальные перемещения (мм)
Круглого сечения	328.98	0.66418
Шестиугольного сечения	728.74	0.89373
Шестиугольного сечения со скругленными углами	697.94	0.95247
Эллиптического сечения	544.88	1.15500

Таблица 5. Результаты расчетов для кортикального слоя расчетов для стандартного имплантата.

Абатмент	Максимальные эквивалентные напряжения (МПа)	Максимальные перемещения (мм)
Круглого сечения	224.14	0.010196
Шестиугольного сечения	329.46	0.012596
Шестиугольного сечения со скругленными углами	289.71	0.012329
Эллиптического сечения	328.94	0.013130

Таблица 6. Результаты расчетов для кортикального слоя расчетов для короткого имплантата.

Абатмент	Максимальные эквивалентные напряжения (МПа)	Максимальные перемещения (мм)
Круглого сечения	423.77	0.014783
Шестиугольного сечения	400.33	0.016807
Шестиугольного сечения со скругленными углами	470.99	0.018317
Эллиптического сечения	990.71	0.019832

Таблица 7. Результаты расчетов для губчатого слоя для стандартного имплантата.

Абатмент	Максимальные эквивалентные напряжения (МПа)	Максимальные перемещения (мм)
Круглого сечения	51.052	0.0019453
Шестиугольного сечения	9.8579	0.0018302
Шестиугольного сечения со скругленными углами	19.391	0.0018586
Эллиптического сечения	16.389	0.0019093

Таблица 8. Результаты расчетов для губчатого слоя для короткого имплантата.

Абатмент	Максимальные эквивалентные напряжения (МПа)	Максимальные перемещения (мм)
Круглого сечения	23.631	0.022729
Шестиугольного сечения	25.957	0.023719
Шестиугольного сечения со скругленными углами	26.314	0.023361
Эллиптического сечения	22.147	0.0019712

В пятом разделе третьей главы 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

Заключение. В данной работе были рассмотрены актуальные задачи стоматологического моделирования. Были построены 8 моделей стоматологических имплантатов: 4 модели стандартной длины с разными формами сечения абатмента, и 4 модели коротких имплантатов также с разными формами сечения абатмента. Была подобрана, конечно-элементная сетка, которая не влияла бы на результаты решения. Были определены области концентрации высоких напряжений в челюстной кости и имплантате. Найдены максимальные значения напряжения и деформации.

Было проведено сравнение короткого и стандартного имплантата. В результате сравнения было получено, что стоматологические имплантаты стандартной длины испытывают меньшие напряжения, и меньше воздействуют на кость, хотя и короткие имплантаты испытывают близкие к ним деформации.

При рассмотрении данной модели выяснилось, что при имплантате с круглой формой сечения абатмента деформации значительно ниже. Напряжения, возникающие на границе соприкосновения имплантата и кости, распределены более равномерно. Таким образом, с точки зрения биомеханики при данном типе нагружения оптимальными являются имплантаты с круглой формой поперечного сечения абатмента. По этой причине установка имплантата с круглой формой сечения абатмента будет предпочтительной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сохов, С.Т., Сабгайда Т.П., Алексеев А.В. Перспективы снижения потерь зубов у населения Российской Федерации / С.Т. Сохов, Т.П. Сабгайда, А.В. Алексеев. // Российская стоматология. 2013. №6(2). С. 53–57.
2. Федчишин, Н.О., Федчишин О.В. Некоторые современные проблемы деятельности по оказанию ортопедической стоматологической помощи населению / Н.О. Федчишин, О.В. Федчишин. // Сибирский медицинский журнал. 2013. №6. С. 115–116.
3. Ерошин, В.А., Бойко А.В., Арутюнов С.Д., Перевезенцева А.А., Апресян С.В. Прочность и долговечность временных несъемных зубных протезов./ В.А. Ерошин, А.В. Бойко, С.Д. Арутюнов, А.А. Перевезенцева, С.В. Апресян. // Российский журнал биомеханики. 2013. Т. 17, № 4(62). С. 106–115
4. Рыжова, И.П. Новые решения в вопросах фиксации бюгельных протезов с использованием различных конструкционных материалов и технических приемов / И.П. Рыжова, А.В. Винокур.: Курский государственный медицинский университет // Клиническая стоматология. 2007. №4. С. 68-70.
5. Клемин, В.А., Глинкина В.В., Глинкин В.В. Сравнительная характеристика частичных съемных протезов / В.А. Клемин, В.В. Глинкина, В.В. Глинкин // Стоматолог-практик. 2014. № 4. С. 38-41.
6. Dental Business [Электронный ресурс] Клинические аспекты использования коротких поверхностно-пористых имплантатов в условиях выраженной атрофии челюстных костей. URL: <http://www.dentalbusiness.ru/statji/klinicheskie-aspekty-ispolzovaniya-korotkikh-poverkhnostno-poristyx-implantatov-v-usloviyakh-vyrazh/> (дата обращения: 22.05.2017). Загл. с экрана. Яз. рус. Имеется печатный аналог.

7. Демидов, С.П., Теория Упругости / С.П. Демидов // Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1979. Гл. 4. С. 70-72.

27.06.2017

