

**Е. И. Семенов, к. мед. н., О. Н. Сенников, к. мед. н., А. И. Потапенко,
Д. В. Лазарева**

Государственное учреждение «Институт стоматологии Национальной академии медицинских наук Украины»
Одесский национальный политехнический университет

**РАСЧЕТ ДВУХОПОРНОЙ ОДНОПРОЛЕТНОЙ МОСТОВИДНОЙ
КОНСТРУКЦИИ НА ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТАХ
В БОКОВОМ УЧАСТКЕ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ**

В работе было изучено напряженно-деформированное состояние костной ткани вокруг внутрикостной части цилиндрических имплантатов при их нагружении двухопорной мостовидной конструкцией при разных углах передачи нагрузки.

Ключевые слова: цилиндрический внутрикостный имплантат, эквивалентное напряжение, биомеханическая система, нижняя челюсть.

Є. І. Семенов, О. М. Сєнніков, А. І. Потапенко, Д. В. Лазарева

Державна установа «Інститут стоматології Національної академії медичних наук України»
Одеський національний політехнічний університет

**РОЗРАХУНОК ДВООПОРНОЇ ОДНОПРОЛЕТНОЇ
МОСТОПОДІБНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ДЕНТАЛЬНИХ
ІМПЛАНТАТАХ В БОКОВІЙ ДІЛЯНЦІ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЄПИ**

В роботі було вивчено напружено-деформований стан кісткової тканини навколо внутрішньокісткової частини циліндрових імплантатів при їх навантаженні двохопорною мостоподібною конструкцією при різних кутах передачі навантаження.

Ключові слова: циліндричний внутрішньокістковий імплантат, еквівалентна напруга, біомеханічна система, нижня щелепа.

E. I. Semionov, O. N. Sennikov, D. V. Lazareva, A. I. Potapenko,

State Establishment "The Institute of Stomatology of the National academy of medical science of Ukraine"
Odessa National Polytechnic University

**THE CALCULATION OF DOUBLE-SEAT SINGLE-SPAN DENTAL
BRIDGE ON DENTAL IMPLANTS AT LATERAL MANDIBULAR AREA**

3-D model of the lateral part of lower jaw with the built-in double-seat single-span dental bridge with the support on intraosseous cylindrical implants at the program ANSYS was made. The strain-deformed state of osseous tissue around the intraosseous part of implants (10mm in length and 3.5 mm in diameter), being the support of dental bridge at the different tilt angles of implants (0°, 10°, 20°, 30°) and the angle of load transfer 10° was studied. The maximal tension in osseous tissue was observed in the area of tangency of implant cervix with the cortical layer of osseous tissue at the tilt angles of implant 0° (39.9 MPa), minimal – at implant tilt angle 10° (22.6 MPa).

Key words: cylindrical intraosseous implant, equivalent stress, biomechanical system, lower jaw.

Спрогнозировать в долгосрочной перспективе эффективность использования несъемных ортопедических конструкций с опорой на двухэтапные остеинтегрированные цилиндрические имплантаты до недавнего времени можно было, в большей степени, на основании длительных клинических наблюдений, а критерием выбора типоразмера внутрикостной части имплантата служил опыт врача, что является крайне субъективным. При выборе внутрикостной части имплантата необходимо учитывать не только анатомические особенности пациента, но и действие жевательной нагрузки, передаваемой на нее посредством несъемной ортопедической конструк-

ции, фиксируемой на имплантатах, в зависимости от индивидуальных особенностей жевательного аппарата пациента.

Таким образом, на основании вышесказанного, можно сделать заключение: изучение состояния костной ткани вокруг внутрикостной части двухэтапного цилиндрического имплантата при передаче на него жевательной нагрузки через фиксируемую на нем несъемную ортопедическую конструкцию является актуальной задачей современной стоматологии.

Цель нашей работы. Повысить качество оказания стоматологической помощи пациентам,

нуждающимся в изготовлении несъемных ортопедических конструкций с опорой на дентальные имплантаты.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Построить трехмерную модель бокового участка нижней челюсти с двухопорной мостовидной конструкцией на внутрикостные цилиндрические имплантаты в программе ANSYS.

- Изучить напряженно-деформированное состояние костной ткани вокруг внутрикостной части цилиндрических имплантатов при нагружении двухопорной мостовидной конструкции одинаковыми усилиями при разных углах передачи нагрузки.

Материалы и методы. Для моделирования бокового участка нижней челюсти с встроенной в него двухопорной мостовидной конструкцией с опорой на цилиндрические имплантаты нами был выбран пакет ANSYS [2], который не без оснований считается наиболее мощным на сегодняшний день конечно-элементным пакетом.

В работе был проведен анализ однопролетной конструкции, опирающейся на два цилиндрических имплантата, расположенной в боковом участке нижней челюсти (рис. 1). Углы наклона имплантатов одинаковые и могут принимать значения 0° ; 10° ; 20° ; 30° . Сосредоточенная сила $F = 400$ Н приложена под углом $\theta = 10^\circ$. Длина имплантата постоянная и составляет 10 мм, диаметр – 3,5 мм.

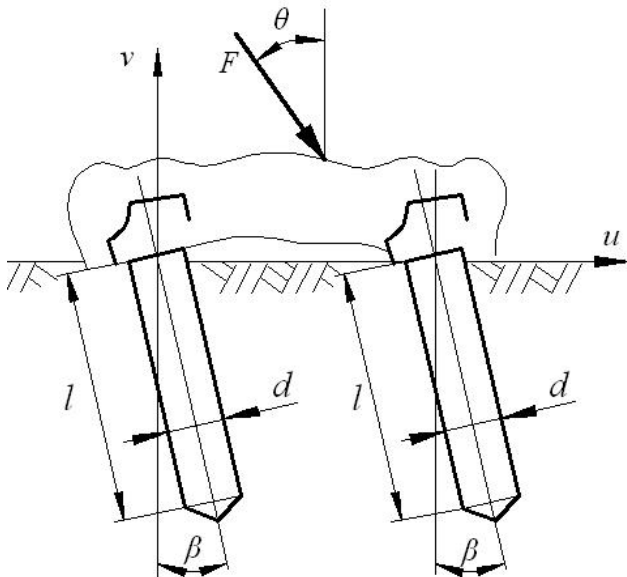


Рис. 1. Расположение цилиндрических имплантатов.

При моделировании фрагмента кости допускались некоторые упрощения, а именно: модель считается симметричной относительно продольной плоскости, жесткость фрагмента кости постоянная.

Построенные трехмерные конечно-элементные модели содержат в себе объемы кортикальной, губчатой кости и имплантата. Усредненные размеры элементов и механические параметры взяты из справочной литературы.

Согласно литературным данным механические свойства компонентов модели (модуль упругости, коэффициент Пуассона, предел прочности) приняты равными величинам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики структурных составляющих конечно-элементной модели

Материал	Модуль упругости E, МПа	Коэффициент Пуассона	Предел прочности σ_B , МПа
Кортикальный слой кости	$2,0 \cdot 10^4$	0,3	45,0
Губчатая кость	$5,0 \cdot 10^3$	0,3	15,0
Имплантат	$1,1 \cdot 10^5$	0,35	800,0
Балка	$2,0 \cdot 10^5$	0,3	850,0

В результате разбивки полученные конечно-элементные модели имеют 152700 конечных элементов и 224500 узлов. На рис. 2 приведены твердотельная и конечно-элементная модели с наклоном имплантата 10° .

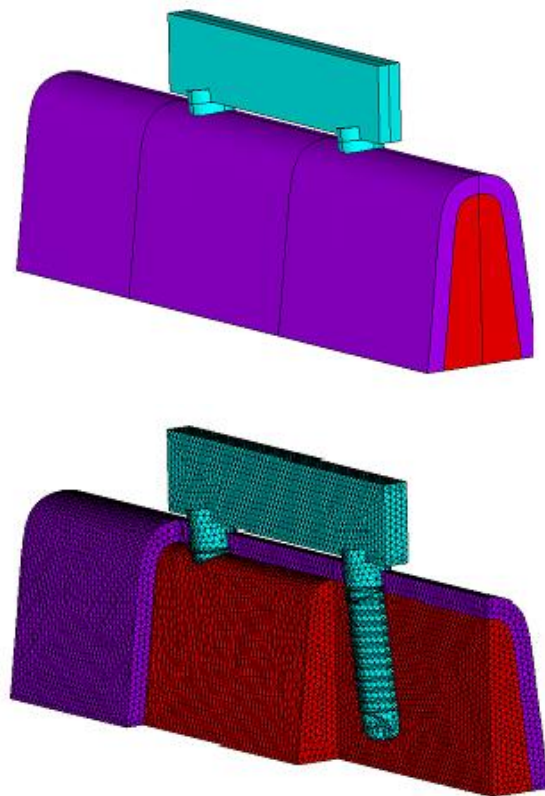


Рис. 2. Твердотельная и конечно-элементная модели

Конечно-элементный пакет позволяет в результате расчетов получить целый комплекс параметров напряженно-деформированного состояния конструкции: напряжения и деформации в направлениях координатных осей, главные напряжения и соответствующие деформации, эквивалентные напряжения по гипотезе Губера-Мизеса, перемещения всех точек конструкции и целый ряд других величин. Процедура визуализации позволяет просматривать поля напряжений и деформаций, устанавливать наиболее напряженные участки объекта исследования.

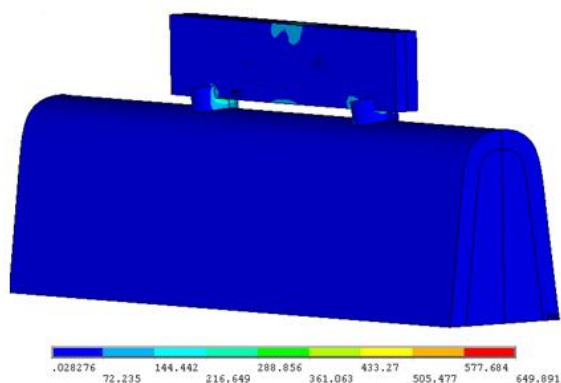


Рис. 3. Эпюра эквивалентных напряжений.

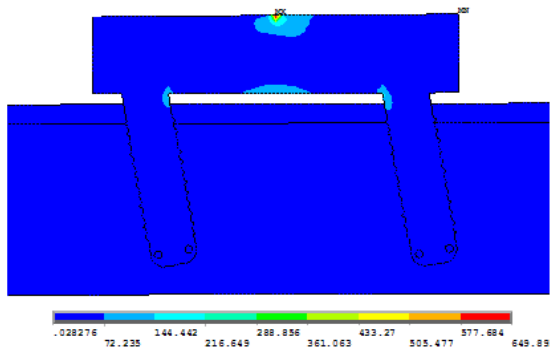


Рис. 4. Эпюра эквивалентных напряжений в разрезе.

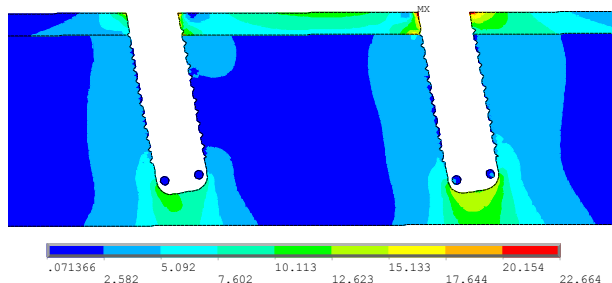


Рис. 5. Эпюра напряжений в кортикальном и губчатом слоях костной ткани

В результате конечно-элементного анализа объемной модели сегмента челюсти с искусственными включениями были получены диаграммы эквивалентных напряжений (рис. 3, 4). Рас-

пределение уровней напряжений в кортикальном и губчатом слоях костной ткани в разрезе при углах наклона имплантата $\beta = 10^\circ$ представлено на рис. 5.

Характер распределения эквивалентных напряжений свидетельствует о том, что максимальными они являются в месте приложения нагрузки и не превышают предел прочности. Также напряженной будет зона возле шейки имплантата; повышенные напряжения в области контакта имплантата и кортикальной кости, где возникает концентрация напряжений на поверхности соединения, вызванная скачкообразным изменением твердости материалов. Однако в части имплантата, которая находится в слое губчатой кости, напряжения малы.

Полученные результаты расчетов сведены в табл. 2. Ниже, на рис. 6-8, приведены эпюры эквивалентных напряжений при других углах наклона.

Таблица 2

Влияние угла наклона имплантата на величину максимального напряжения

	Напряжения, МПа			
	Углы наклона			
	0°	10°	20°	30°
Имплантат	253,8	226,78	219,9	252,57
Кортикальный слой кости	39,9	22,66	29,32	36,69

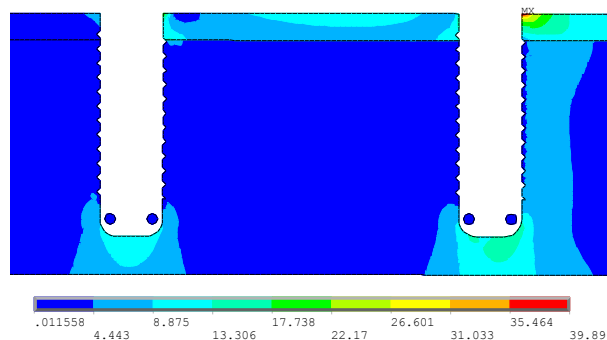


Рис. 6. Эпюры напряжений в костной ткани при угле наклона 0°

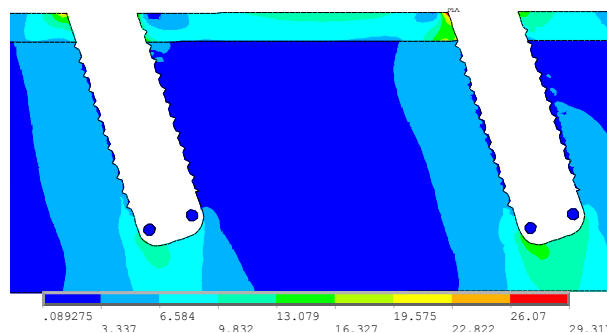


Рис. 7. Эпюры напряжений в имплантате и костной ткани при угле наклона 20°.

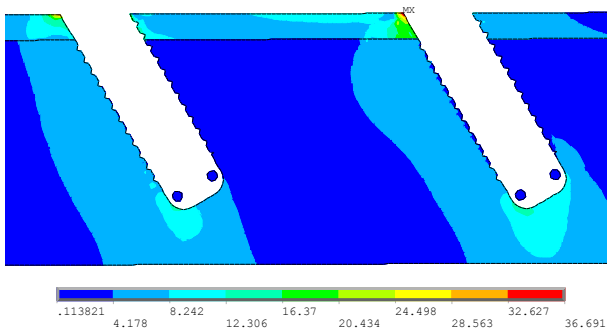


Рис. 8. Эпюры напряжений в имплантате и костной ткани при угле наклона 30°.

Выводы. При оценке влияния угла наклона имплантата следует отметить, что оптимальным из рассмотренных будет угол наклона 10°. Результаты при углах наклона 0° и 30° практически одинаковы. По этой причине увеличение угла наклона больше 30° не является целесообразным, хотя напряжения в этом варианте не превышали допустимых пределов. Очевидно, при больших углах наклона практически вся основная нагрузка передается через кортикальный слой кости. Расчеты при таких углах наклона представляют больше теоретическую ценность, чем практическую.

Дальнейшие изучения внутрикостной части имплантата на кортикальный слой костной ткани

при его различных геометрических параметрах и углах передачи нагрузки, является необходимым для выработки практических рекомендаций при планировании лечения с использованием дентальных имплантатов.

Список литературы

1. **Багмутов В. П.** К расчету двухопорной мостовидной конструкции на имплантах / В. П. Багмутов // Известия Волгоградского государственного техн. ун-та: Межвуз. сб. науч., Т.1. – ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – С. 15 – 20.
2. **Дашенко А. Ф.** ANSYS в задачах инженерной механики / Дашенко А. Ф., Лазарева Д. В., Сурьянинов Н. Г. Под редакцией Н. Г. Сурьянинова. – Одесса: Астропринт, 2007. – 484 с.
3. **Семенов Є. І.** Чисельний аналіз біомеханічної системи «кісткова тканина щелеп – внутрікістковий циліндричний імплантат – незнімна ортопедична конструкція» у програмі ANSYS / Є. І. Семенов, М. Г. Сур'янінов // Вісник стоматології. – 2011. – № 2. – С. 83-88.
4. **Матвеева А. И.** Биомеханические подходы к протезированию в дентальной имплантологии / А. И. Матвеева, Р. Ш. Гветадзе, К. Д. Хагидзе // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2003. – № 1. – С. 34-37.
5. **Семенов Є. І.** Моделювання фронтальної ділянки верхньої щелепи із зубами й штучним включенням (внутрішньокістковий циліндричний імплантат) у програмі ANSYS / Є. І. Семенов, М. Г. Сур'янінов // Вісник стоматології. – 2011. – № 1. – С. 74-79.

Поступила 15.08.14

