

*В. А. Лабунец, д. мед. н.,*

*Е. И. Семенов, к. мед. н., Н. Г. Сурьянинов, д. тех.н.*

ГУ «Институт стоматологии НАМН Украины»  
Одесский национальный политехнический институт

### **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ОБЛАСТИ ШЕЙКИ ЗУБА ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕЗЦА ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ ПРИ РАЗНЫХ ВАРИАНТАХ СМЫКАНИЯ ЗУБНЫХ РЯДОВ**

*В ходе выполнения работы была построена трехмерная модель фронтального участка верхней челюсти и с помощью программы ANSYS изучено напряженно-деформированное состояние в области шейки переднего резца верхней челюсти при различных видах смыкания зубных рядов и углах передачи нагрузки.*

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, шейка зуба, угол передачи нагрузки.

*В. А. Лабунец, Є. І. Семенов, М. Г. Сур'янінов*

ДУ «Інститут стоматології НАМН України»  
Одеський національний політехнічний університет

### **ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ В ОБЛАСТІ ШИЙКИ ЗУБА ЦЕНТРАЛЬНОГО РІЗЦЯ ВЕРХНЬОЇ ЩЕЛЕПИ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ СТУЛЕННЯ ЗУБНИХ РЯДІВ**

*В ході виконання роботи було побудовано тривимірну модель фронтальної ділянки верхньої щелепи і за допомогою програми ANSYS вивчений напружено-деформований стан в області шийки переднього різця верхньої щелепи при різних видах стулення зубних рядів і кутах передачі навантаження.*

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, шийка зуба, кут передачі навантаження.

*V. A. Labunets, E. I. Semionov, N. G. Surjaninov*

SE "the Institute of Dentistry of the NAMS of Ukraine"  
Odessa National Polytechnic Institute

### **THE STUDY OF THE DEFLECTED MODE AT THE AREA OF DENTAL CERVIX OF THE CENTRAL INCISOR OF UPPER JAW AT DIFFERENT VARIANTS OF DENTITION CLOSURE**

*In the course of execution phase the 3-D model of the frontal part of upper jaw was built; the deflected mode at the area of dental cervix of front incisor of upper jaw at different types of dentition closure and the angle of load transfer were studied with ANSYS program.*

**Key words:** deflected mode, dental cervix, the angle of load transfer.

**Актуальность работы.** До недавнего времени, спрогнозировать в долгосрочной перспективе эффективность и целесообразность использования различных ортопедических конструкций фиксированных на цилиндрических двухэтапных остеоинтегрированных имплантатах можно было лишь в большей степени на основании длительных клинических наблюдений, а критерием выбора конструкции служил непосредственно

опыт врача-ортопеда. Подобный субъективный подход часто приводил к клиническим ошибкам и, как следствие, росту осложнений при протезировании. Рядом авторов были предприняты попытки описать с помощью математической модели функционирование несъемной ортопедической конструкции в полости рта фиксируемой на двухэтапных цилиндрических имплантатах при ее долговременном использовании не были достаточно объективны, поскольку их расчеты ограничивались возможностями вычислительной техники, а построенные модели имели двухмерное изображение [1-3, 5].

Современные же компьютерные программы, обладающие большими возможностями трехмерного моделирования и расчета, позволяют подкрепить практический опыт всеобъемлющим компьютерным экспериментам, что позволяет определить напряженно-деформированное (НДС) состояние зубочелюстной системы в разных ее отделах, что необходимо для установления степени нагрузки, которые испытывают различные элементы системы – костная ткань – внутрикостный цилиндрический имплантат - несъемная ортопедическая конструкция.

Принимая во внимание вышесказанное, исследование НДС в области шейки зуба центрального резца верхней челюсти при разных вариантах смыкания зубных рядов и углах передачи нагрузки, является первым шагом на пути изучения процессов, протекающих в месте соединения имплантата с абатментом при замещении центрального резца верхней челюсти двухэтапным цилиндрическим имплантатом с последующим изготовлением несъемной ортопедической конструкции. Результаты исследовательской работы позволяют разработать научно-обоснованные рекомендации по корректировке закручивающего момента крепежного винта при длительном функционировании несъемной ортопедической конструкции, при разных вариантах смыкания зубных рядов и углах передачи нагрузки.

**Материалы и методы исследования.** Большинство современных компьютерных программ инженерного расчета базируется на методе конечных элементов, но средства моделирования и расчета, скорость вычислений, реакция на некоторые особенности приложения нагрузки и т.д. у этих программ будут разными.

Для моделирования зубочелюстной системы нами выбран пакет ANSYS, который не без оснований считается наиболее мощным на сегодняшний день конечно-элементным пакетом [6].

Моделирование зубочелюстной системы выполнялось на основе профессионально изготовленного муляжа. Все размеры, радиусы закругления, углы наклона зубов и т.п. тщательно измерялись при помощи разных приспособлений (штангенциркуль, транспортир, линейка и др.) и переносились на компьютерную модель, которую, в какой-то мере можно считать уникальной в плане соответствия реальному объекту [4].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для упрощения расчетов очень сложной математической модели и сокращения затрачиваемых компьютерных ресурсов было использовано только часть зу-

бочелюстной системы, а именно, модель фронтального участка верхней челюсти.

Опуская весь богатый арсенал специализированных приемов, использованных при работе с программой ANSYS, наводим только вид построенной модели (рис. 1).

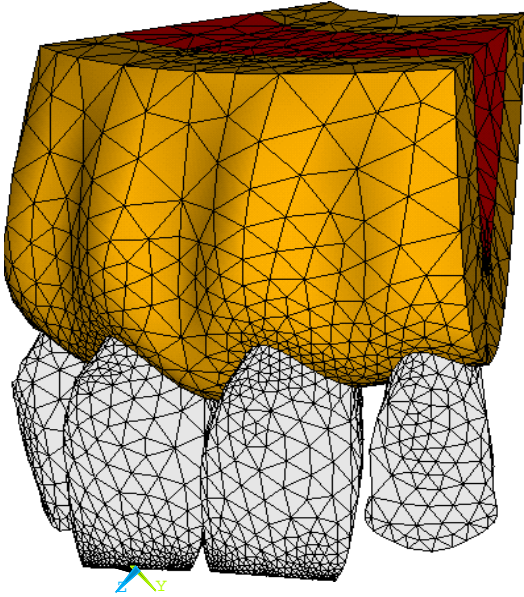


Рис. 1. Фрагмент модели зубочелюстной системы.

Выполненный затем расчет напряженно-деформированного состояния зубочелюстной системы при прямом смыкании зубов под углом  $125^{\circ}$  (рис. 2), показал, что в одной из точек контакта (а точнее, если говорить на языке метода конечных элементов, в одном из узлов конечно-элементной модели) напряжение резко отличается от напряжений в других точках. Этот эффект известен и достаточно часто наблюдается при расчетах различных объектов в пакете ANSYS. Дело в том, что программа иногда воспринимает точку контакта как концентратор напряжений.

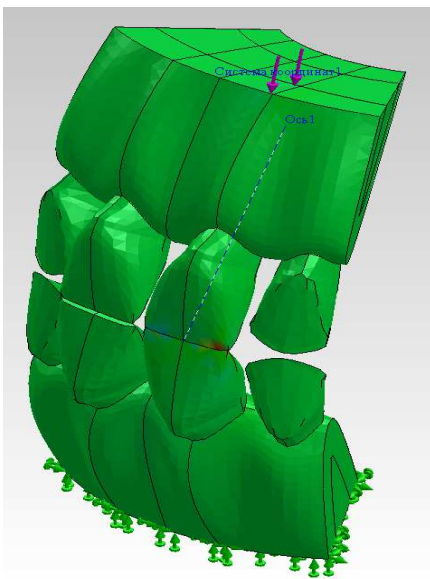


Рис. 2. Прямое смыкание зубов под углом  $125^{\circ}$ .

Чтобы избежать этого нежелательного эффекта, модель была соответствующим образом конвертирована и перенесена в программу SolidWorks. Здесь расчет повторили (в расчетном модуле программы SolidWorks — CosmosWorks), а также выполнили серию расчетов при других типах смыкания зубов и углах передачи нагрузки.

Расчеты позволили определить напряженно-деформированное состояние в области шейки зуба (1-й резец верхней челюсти), где предполагается установка имплантата с несъемной ортопедической конструкцией. Исследование этого НДС позволит выбрать оптимальные параметры имплантата и определить закручивающий момент крепежного винта при разных типах смыкания зубов и углах передачи нагрузки. Величина нагрузки принималась равной 200 Н.

Результаты расчета по всем девяти рассмотренным вариантам представлены в табл.

Таблица

**Максимальные напряжения и деформации в области шейки зуба при разных типах смыкания зубов**

Тип смыкания	Угол, град.	Напряжение, МПа	Деформация
Прямое	125	83,9	$5,43 \cdot 10^{-3}$
	135	118,8	$1,383 \cdot 10^{-2}$
	145	169,6	$4,824 \cdot 10^{-2}$
Номогнатия	125	133,6	$5,973 \cdot 10^{-2}$
	135	126,2	$4,931 \cdot 10^{-2}$
	145	118,8	$3,743 \cdot 10^{-2}$
Глубокое перекрытие	125	99,8	$3,682 \cdot 10^{-2}$
	135	99,5	$2,866 \cdot 10^{-2}$
	145	97,6	$1,971 \cdot 10^{-2}$

Отметим, что поля напряжений и деформаций, полученные по первому варианту расчета (прямое смыкание зубов под углом  $125^{\circ}$ ) в двух разных программах совпадают.

На рис. 3 в качестве иллюстрации показаны поля напряжений при прямом смыкании под углами  $125^{\circ}$  и  $135^{\circ}$ .

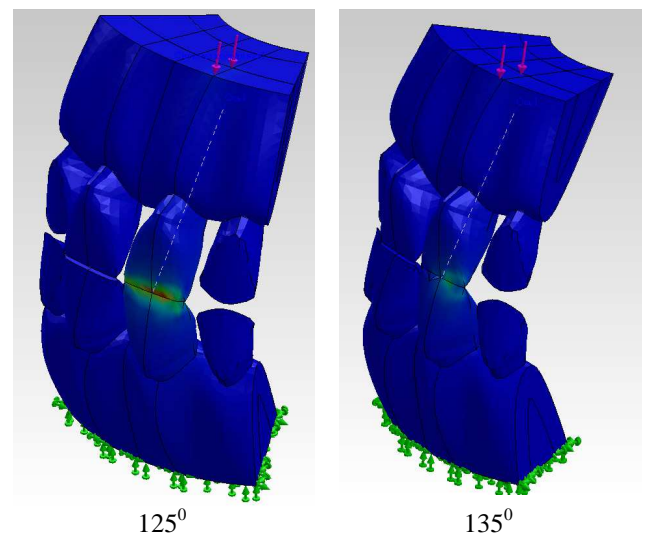


Рис. 3. Поля напряжений при прямом смыкании

На основе полученных результатов построены графики зависимостей напряжений и деформаций в области шейки фронтального резца верхней челюсти от угла смыкания зубов при трех типах смыкания: прямом, нормогнатическом и глубоком перекрытии (рис. 4, 5).

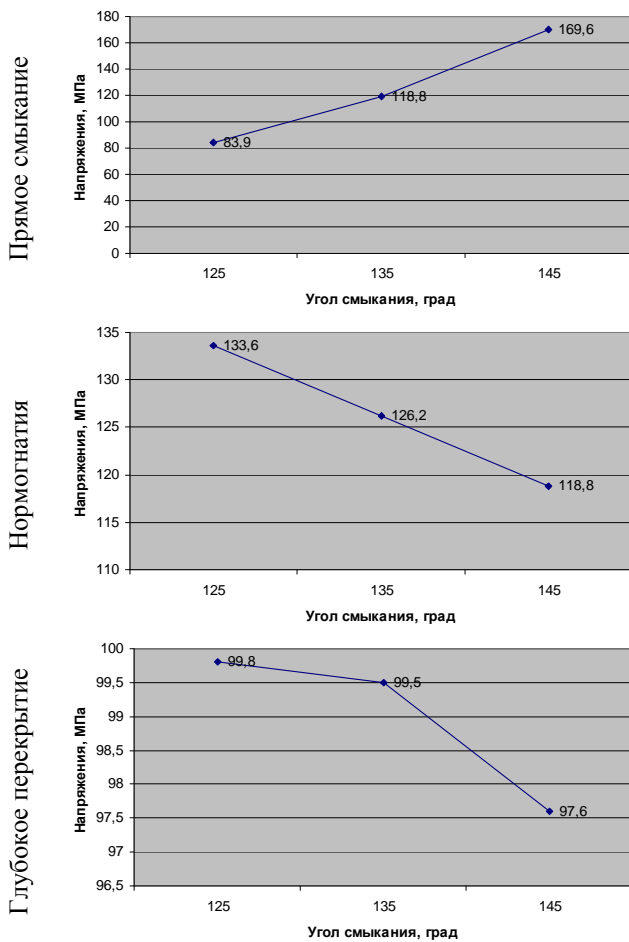


Рис. 4. Напряжения при трех типах смыкания

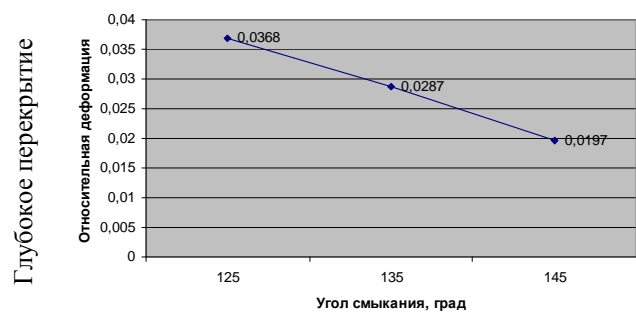
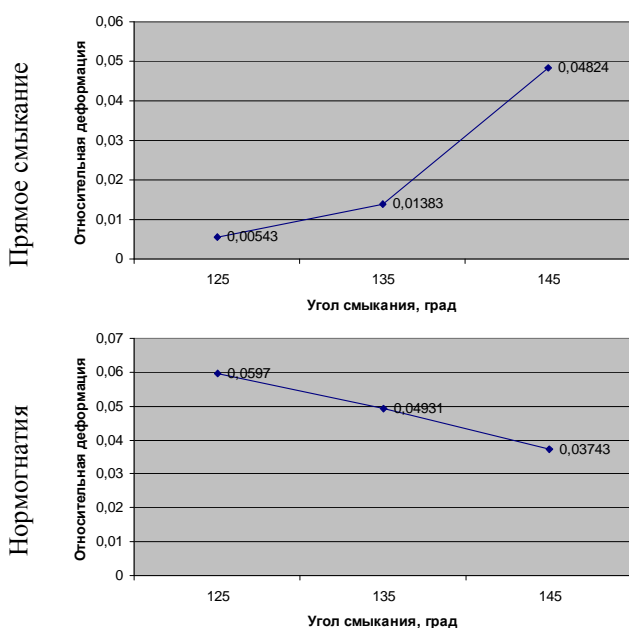


Рис. 5. Относительные деформации при трех типах смыкания.

Результаты анализа построенных графиков показали, что при одинаковой приложенной нагрузке и минимальном исследованном угле приложения ( $125^\circ$ ) максимальное напряжение в области шейки центрального резца верхней челюсти наблюдается при нормогнатическом прикусе (133,6 МПа, а минимальное при прямом 83,9 МПа).

С увеличением угла приложения нагрузки ( $135^\circ$ ,  $145^\circ$ ) величина напряжений в области шейки переднего резца верхней челюсти при нормогнатическом и глубоком прикусе падает, причем наибольшая величина падения наблюдается при нормогнатии (14,8 МПа), а при глубоком минимальная (2,2 МПа).

При прямом прикусе наблюдается противоположная тенденция с увеличением угла передачи нагрузки, величина напряжений в области шейки зуба возрастает, причем с увеличением угла до  $145^\circ$ , величина прироста составила 85,7 МПа.

Анализ графиков относительной деформации показал что изучаемая система находится в равновесии, т. е. приложенные нагрузки полностью адекватны.

**Выводы.** При одинаковой нагрузке с увеличением угла ее передачи от  $125^\circ$  до  $145^\circ$  напряжения в области шейки фронтального резца верхней челюсти при нормогнатическом и глубоком прикусе падает, причем величина этого падения незначительная.

При прямом смыкании величины напряжения в области шейки фронтального резца верхней челюсти с увеличением угла передачи нагрузки от  $125^\circ$  до  $145^\circ$  резко возрастает (величина прироста 85,7 МПа), а абсолютные величины напряжения максимальные (169,6 МПа) тогда как при нормогнатическом прикусе максимальная величина напряжения составила 133,6 МПа, а при глубоком 99,8 МПа.

Полученные результаты найдут применение при планировании лечения адентии в области фронтального резца верхней челюсти с помощью двухэтапного цилиндрического имплантата с последующим изготовлением несъемной ортопедической конструкции на него.

#### Список литературы

1. Щербаков Л. Н. Напряженно-деформированное состояние фрагмента зубного ряда / Л. Щербаков, А. Гончаров // Клиническая стоматология. – 2010. № 2. – С. 60-62.
2. Исследование статистической прочности винтового соединения внутрикостных и внекостных частей имплантата ЛИКо / Ю. Е. Широков, С. Ю. Иванов, М. В. Ломакин [и др.] // Стоматология. – 2007. - № 1. – С. 54-59.

3. **Влияние** параметров имплантата на напряженно-деформированное состояние костной ткани зоны имплантации / Р. Ш. Гветадзе, А. И. Матвеева, А. Г. Борисов [и др.] // Стоматология. – 2010. - № 1. – С. 54-55.

4. **Семенов Є. І.** Моделювання фронтальної ділянки верхньої щелепи із зубами й штучним включенням (внутрішньо кістковий циліндричний імплантат) у програмі ANSYS / Євген Семенов, Микола Сур’янінов // Вісник стоматології. – 2011. № 1. - С. 74-79.

5. **Матвеева А. И.** использование математического моделирования при проектировании протезных конструк-

ций с опорой на внутрикостные имплантаты / А. И. Матвеева, С. С. Гаврюшин, А. Г. Борисов // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2003. -№ 1. – С. 10-13.

6. **Сурьянинов Н. Г.** ANSYS в задачах инженерной механики / Сурьянинов Н. Г., Дашенко А. Ф., Лазарева Д. В.; под ред. Н. Г. Сурьянинова. – Одесса: Астропринт, 2007. – 48 с.

Поступила 25.10.11

