

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ С МОДЕЛЬЮ ШТИФТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ С БОЛЬШИМ ДИАМЕТРОМ ШТИФТА

В.М. Семенюк, А.К. Гуц, Н.И. Панова

Mathematical model of the tooth with a cast and core with diameter 2 mm was built with the help of a special software package for simulating. The model was tested with simulating loads of various values and directions. The model shows that core with diameter 2 mm can not be strong and can not be used.

Введение

Компьютерные модели, разработанные с целью проведения вычислительных экспериментов для проверки пригодности той или иной штифтовой конструкции в стоматологической практике, имеют то неоспоримое преимущество, что эти конструкции могут быть испытаны до того, как предложены для лечения пациентов. Более того, можно «опробовать» конструкции, которые заранее считаются рискованными или просто непригодными. Компьютерная модель позволяет провести проверку интуиции стоматолога и дает возможность увидеть последствия применения интуитивно неприемлемого варианта лечения.

В этой статье описываются эксперименты с моделью штифтовой конструкции для фронтальных зубов с диаметром штифта, равным 2 мм. Такой штифт требует расширения канала зуба, и это наводит на мысль, что такая штифтовая конструкция будет способствовать ослаблению прочностных характеристик зуба, должных повлечь его разрушение. Насколько справедливы эти предположения, и проверялось в ходе проделанных исследований.

Исследования содержали следующие этапы:

1. Строилась математическая модель зуба с литым штифтом, монолитно соединенным с культевой вкладкой на уровне $h = H/4$ ниже уровня десны, где H – длина корня зуба вместе с окружающей его челюстной костью. Периодонтальная щель и слой цемента между штифтом и дентином в расчет не принималась (их толщина $< 0,15$ – $0,2$ мм). Для упрощения расчетов на данном этапе рассматривалась плоская модель, т.е., по существу, мы пытались увидеть то, что происходит внутри зуба с штифтовой конструкцией в мысленно выделенном плоском сечении, проходящем через геометрическую ось зуба. Это

© 2002 В.М. Семенюк, А.К. Гуц, Н.И. Панова

E-mail: guts@univer.omsk.su

Омская государственная медицинская академия, Омский государственный университет

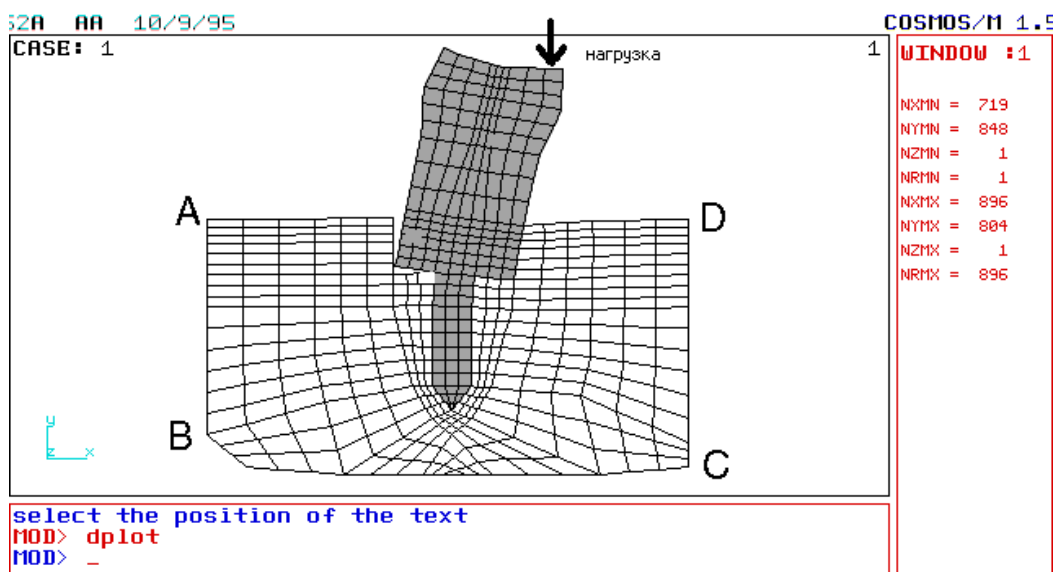


Рис. 1. Конечно-элементная модель штифтовой конструкции (под несимметричной вертикальной нагрузкой)

достаточно стандартная плоская модель упругой среды, составленная из различных материалов (рис.1), для расчета деформаций и напряжений которой под воздействием внешней статической нагрузки использовался метод конечных элементов. Появление обширных (по величине площади рассматриваемого плоского сечения сохранившейся части корня зуба) зон в корне зуба с напряжением, превосходящим предел прочности дентина (главным образом) на разрыв, трактовалось как ситуация, ведущая к разрушению остатка корня, особенно при циклическом повторе данной нагрузки (пережевывание пищи).

2. Модель реализовывалась с помощью специального компьютерного пакета прикладных программ «Космос/М» для ПЭВМ РС IBM 386/387,¹ который позволял наглядно (на экране дисплея) увидеть, как происходит деформирование зуба и окружающей челюстной кости под влиянием заданной нагрузки (вплоть до мультипликации), а также давал возможность увидеть полную картины распределения (в виде цветных зон одинакового напряжения) напряженных состояний зуба с вкладкой.

Накладывалось условие нулевого граничного перемещения (жесткого закрепления) по линии $AB+BC+CD$. С левой стороны между костью и вкладкой узлы брались двойными – соединение между ними отсутствовало, следовательно, воздействие через образованную «узловую щель» не передавалось. Это делалось для того, чтобы при рассмотрении вектора нагрузки, принадлежащего 4-му квадранту, моделировалась ситуация, при которой считается, что стальная вкладка не срывается с живой тканью. При увеличении нагрузки щель между вкладкой и тканью увеличивается.

Нагрузка бралась точечная, сосредоточенная в трех узлах (имеющая одну и ту же величину в каждом узле).

¹Исследования проводились в 1995 году.

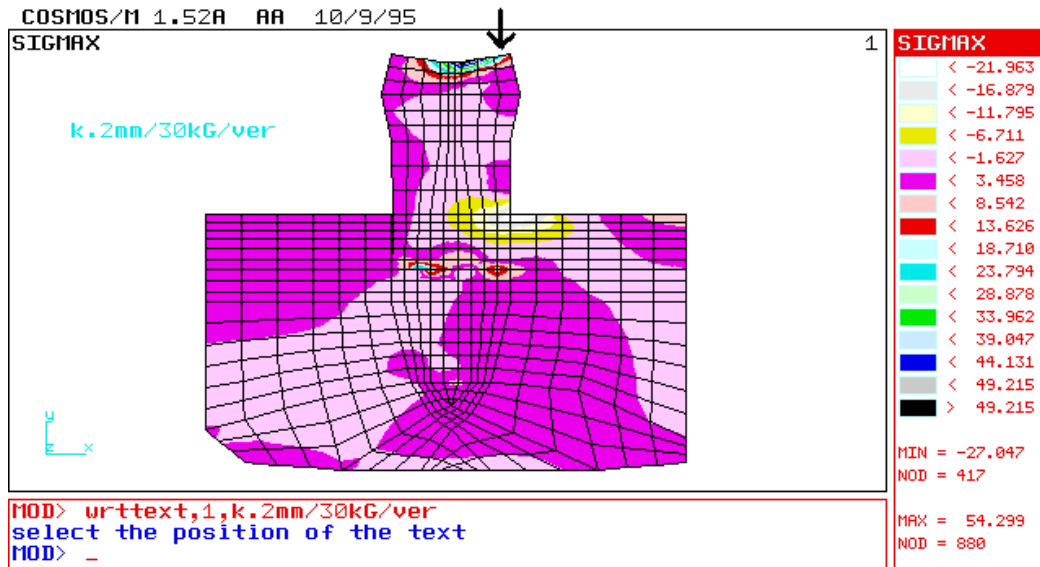


Рис. 2. Картина напряжений σ_x при вертикальной несимметричной нагрузке в 30 кГ

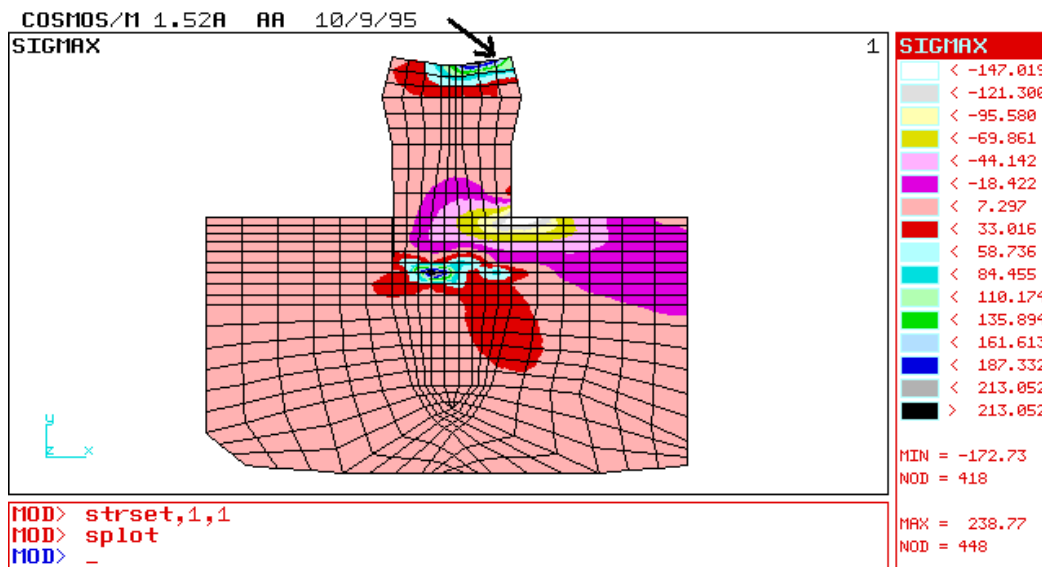


Рис. 3. Картина напряжений σ_x при боковой нагрузке в 45° в 30 кГ

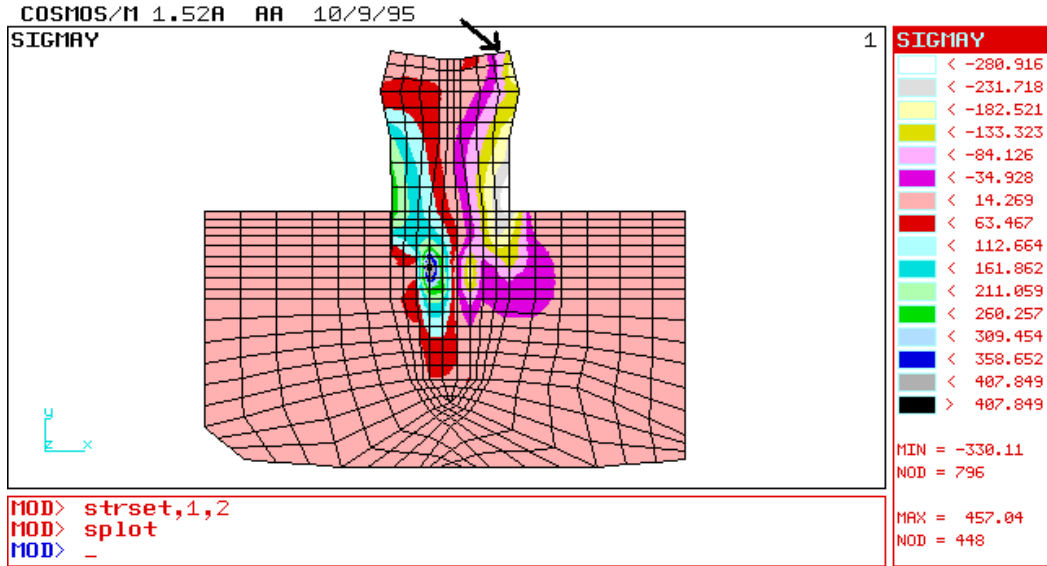


Рис. 4. Картина напряжений σ_y при боковой нагрузке в 45° в 30 кГ

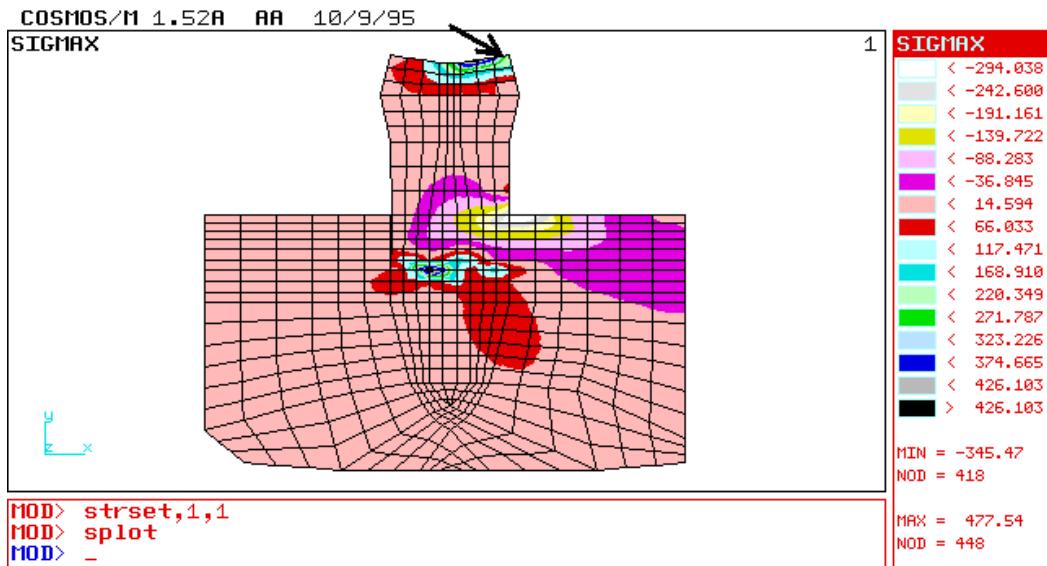


Рис. 5. Картина напряжений σ_x при боковой нагрузке в 45° в 60 кГ

Была проведена серия компьютерных экспериментов при проверке надежности предложенной штифтовой конструкции.

Эксперименты показали, что для исследуемой штифтовой конструкции для $h = H/4$ при вертикальной несимметричной нагрузке до 30 кГ в районе соединения штифта с культевой вкладкой напряжения по горизонтали σ_x не попадают в критическую зону (для разрыва – это положительные напряжения от 20 до 42 н/мм² – см. рис.2).

Однако при боковой нагрузке до 30 кГ под углом в 45° (см. рис.3) в районе соединения штифта с культевой вкладкой возникают напряжения σ_x , попадающие в критическую зону. По существу, это означает реальность разрушений корня зуба. Напряжения по вертикали σ_y значительно больше – рис.4.

Как показали исследования, опубликованные в [1, 2], в случае диаметра штифта в 1 мм напряжения по горизонтали σ_x значительно меньше и не попадают в критическую зону.

Можно проводить исследование и на разрушение при сжатии (отрицательные напряжения – см. рис.2,3). Но, как правило, материал более прочен при сжатии; большие отрицательные напряжения достигались в корне лишь при нагрузке около 60 кГ. Например, при боковой нагрузке в 60 кГ под углом в 45° (см. рис.5) в районе соединения штифта с культевой вкладкой резко нарастают не только напряжения σ_x на растяжения, но и на сжатия (напряжения отрицательные), далеко выходящие за пределы критической зоны для нагрузок на растяжение. Точная оценка ситуации для напряжений на сжатие затруднялась отсутствием у авторов данных о пределе прочности дентина на сжатие. Напомним, однако, что более важно было проследить значения положительных напряжений.

Вывод: не следует использовать штифты с диаметром более 1 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуц А.К., Капотина Т.Н., Панова Н.И., Семенюк В.М., Файзуллин Р.Т., Яковлев К.К. *Математическое обоснование к использованию корней фронтальных зубов, разрушенных ниже уровня десны, под штифтовые конструкции*. Ученый совет мат. фак. ОмГУ. Деп.в ВИНТИ 21.06.95. N. 1790 – В95. 22 с.
2. Семенюк В.М., Капотина Т.Н., Яковлев К.К., Гуц А.К., Панова Н.И., *Математическое обоснование к использованию культевой штифтовой вкладки с «воротничком» при разрушении корней зубов ниже уровня десны* // Вестник Омского университета. 1996. N.2. С.17–19.