

**КОНЕЧНО - ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЙ,
ВОЗНИКАЮЩИХ В СИСТЕМЕ «ШТИФТ – КОРЕНЬ ЗУБА»
ПОД ДЕЙСТВИЕМ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ.**

Белодед Л. В., Юркевич К. С., Босяков С. М.

In the present paper results of finite-element calculation stress-deformed conditions of the fang arising at action of concentrated loading on cylindrical or conic posts, introduced in a root are submitted. Calculations are carried out by the example of a canine for two types of contact between a post and a fabric of a fang.

Под термином корневой штифт в стоматологии понимается любой элемент, отлитый или промышленно изготовленный, завинченный или зафиксированный цементом, который помещается в корневом канале зуба. Применение корневых штифтов необходимо для укрепления и поддержки культи зуба путем прочного ее соединения с корнем. Вне зависимости от материала изготовления штифтов существуют общие биомеханические принципы и закономерности, которые учитываются практикующими стоматологами. Ключевыми моментами при применении корневых штифтов являются их форма, длина (глубина погружения в корень), диаметр, активность введения. Целью настоящей работы является численный анализ напряженно-деформированного состояния корня зуба с внедренным коническим или цилиндрическим штифтом, возникающего при действии на штифт сосредоточенной нагрузки.

Расчет полей напряжений выполнялся для корня клыка, форма которого представляла собой эллиптический параболоид. Полагалось, что в ходе протезирования коронка зуба спиливается до основания корня. Высота корня составляла 18 мм, большая и малая полуоси эллипса в основании параболоида равны соответственно 3,8 и 2,8 мм. Высота конических и цилиндрических штифтов принималась равной 12 мм. Конический штифт имел форму кругового параболоида с радиусом основания 1,3 мм. Радиус основания цилиндрического штифта также составлял 1,3 мм. Материал корня зуба характеризовался упругими постоянными дентина с модулем упругости $E = 14.7$ ГПа и коэффициентом Пуассона $\nu = 0.31$ [1]. В качестве упругих постоянных для штифтовой вкладки использовались постоянные, характеризующие свойства стали: модуль упругости $E = 200$ ГПа и коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$.

Разработка трехмерной твердотельной параметризованной модели корня зуба и штифтовой вкладки выполнялась в CAD – системе Solid Works. Посредством формата *igs*, построенная модель импортировалась в конечно – элементный программный комплекс ANSYS Workbench. Дискретная модель получена путем разбиения геометрии на тетраэдры. Область контакта поверхностей корня и штифта покрывалась более густой конечно – элементной сеткой по сравнению с другими частями модели с целью получения более корректных результатов в интересующей нас области. Расчет напряженно-деформируемого состояния проводился для контактных случаев Bonded и Frictional. Контакт типа Bonded соответствует случаю склейки двух поверхностей и не допускает скольжения либо взаимного проникновения [2]. Моделирование с применением контакта типа Frictional склейки двух поверхностей осуществлялось с достаточно большим коэффициентом трения, что соответствует случаю проскальзывания поверхностей друг относительно друга. В нашем расчетном случае коэффициент трения принимался равным 0.95. Граничные условия соответствовали случаю жесткого закрепления внешней поверхности корня зуба. К штифту

прикладывалась вертикальная, горизонтальная и наклоненная под углом 45° к поверхности штифта сосредоточенная сила. Для всех случаев нагружения модуль силы составлял 100 Н.

В результате вычислительного эксперимента получены поля напряжений в корне зуба и штифтовой вкладке. В частности, на рис. 1 и 2 представлены распределения эквивалентных напряжений в корне зуба для трех типов нагрузок и различных видов контакта.

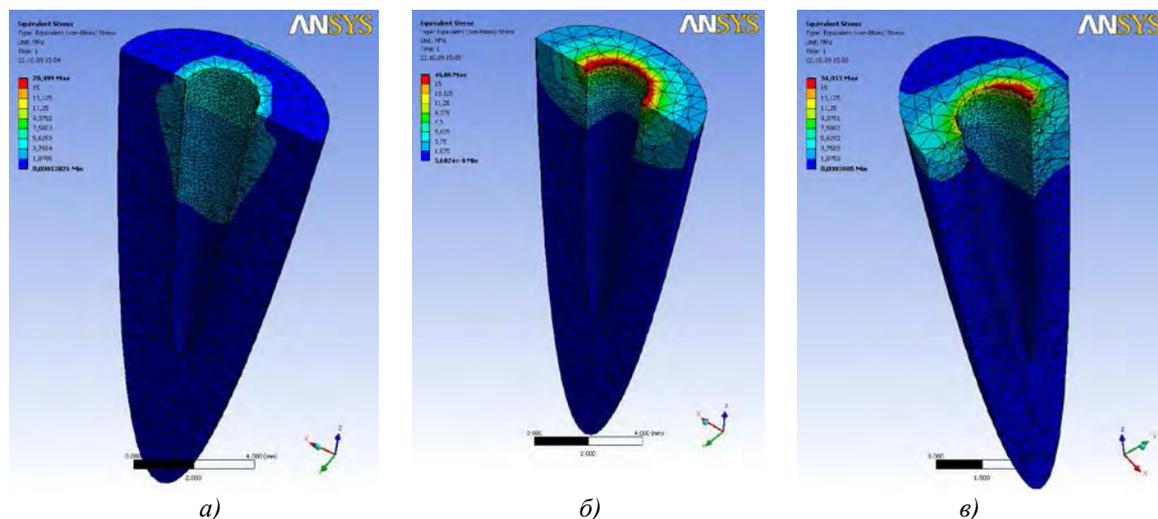


Рис. 1. Распределения напряжений в корне зуба, возникающих при действии на конический штифт вертикальной (а), горизонтальной (б) и наклонной (в) сосредоточенной силы для контакта типа Bonded

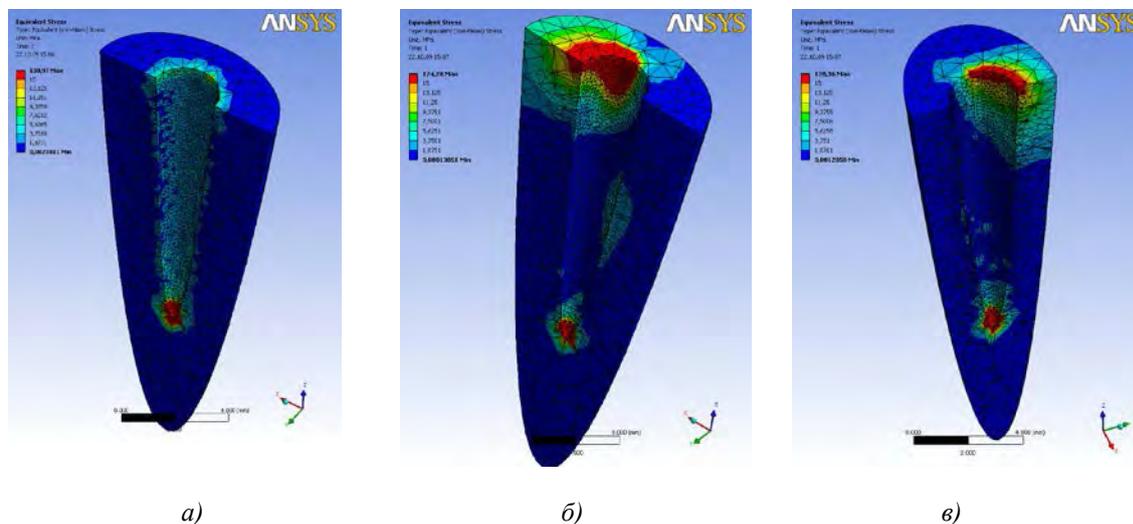


Рис. 2. Распределения напряжений в корне зуба, возникающих при действии на конический штифт вертикальной (а), горизонтальной (б) и наклонной (в) сосредоточенной силы для контакта типа Frictional

Представленные диаграммы эквивалентных напряжений для штифтовой вкладки в форме кругового параболоида позволяют сделать вывод о том, что при идеальной склейке концентратором напряжений является кромка корня. Максимальное значение напряжений (23,5 МПа) достигается в случае наклонной нагрузки. В случае контакта с трением зоной максимальных напряжений является нижняя область контакта штифта и корня зуба, причем такая закономерность просматривается

для всех типов нагружения. Максимальное напряжение величиной 87,5 МПа наблюдалось в случае горизонтальной нагрузки. Это обстоятельство указывает на то, что при критических нагрузках возможен разлом корня именно в этой области. В то же время следует учитывать напряжения, возникающие на кромке зуба при горизонтальной нагрузке и нагрузке под углом, которые также имеют большие значения. Эти зоны содержат опасные объемы, в которых возможно возникновение микротрещин и разрушение корня зуба. При этом теряется целостность конструкции, уменьшаются зоны сцеплений между штифтом и корнем зуба, что приводит к полному разрыву контакта.

Качественный анализ полей напряжений в корне зуба при использовании цилиндрической вкладки показывает, что при склейке с контактом первого типа распределение напряжений аналогично случаю, в котором использовалась коническая штифтовая вкладка. Результаты распределения напряжений в корне зуба представлены на рис. 3.

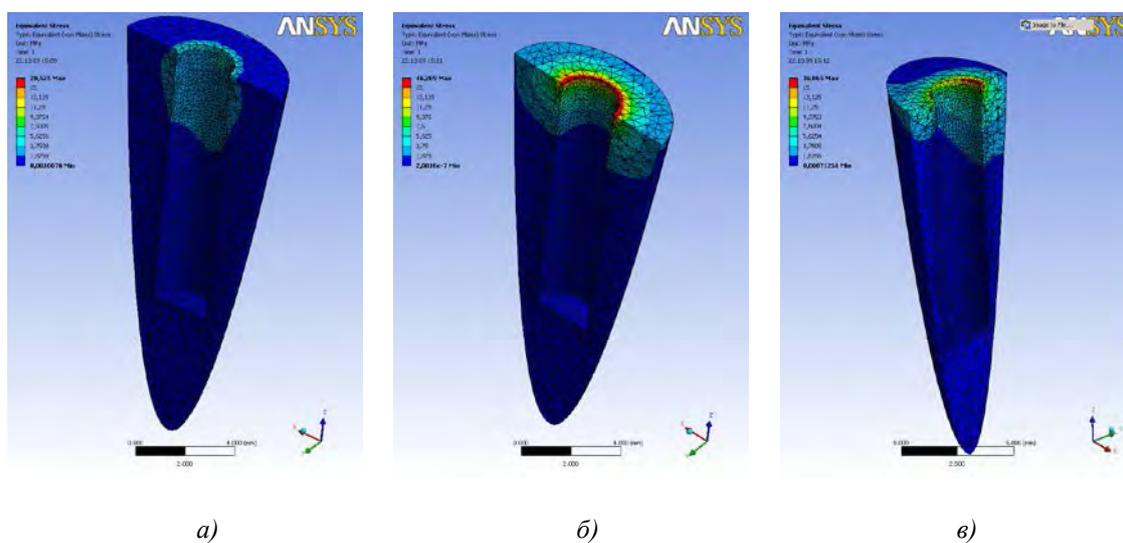
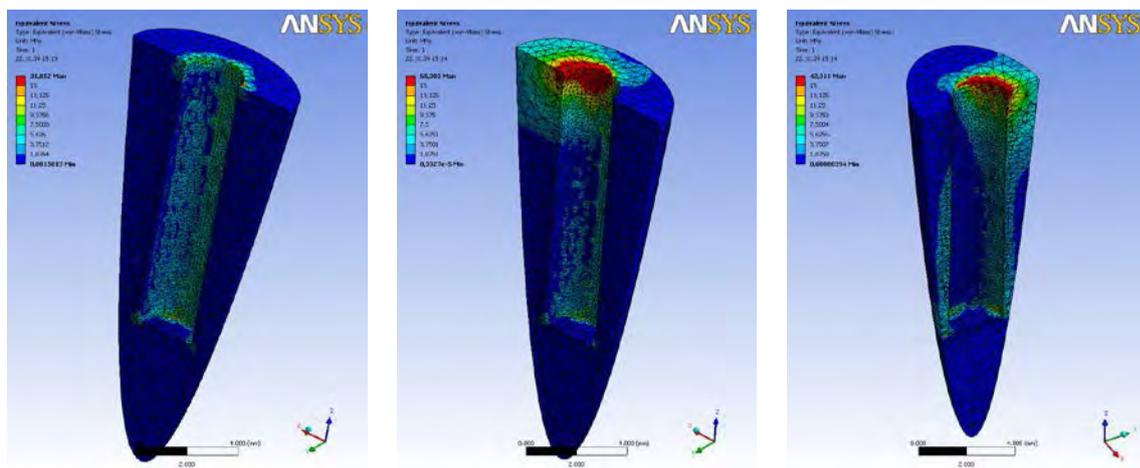


Рис. 3. Распределения напряжений в корне зуба, возникающих при действии на цилиндрический штифт вертикальной (а), горизонтальной (б) и наклонной (в) сосредоточенной силы для контакта типа Bonded

Максимальная величина эквивалентных напряжений (23,3 МПа) зафиксирована при горизонтальной нагрузке и практически совпадает со значением, полученным для конического штифта.

При использовании контакта с трением зоной максимальных напряжений является кромка корня. Соответствующие распределения напряжений показаны на рис. 4. В нижней части контакта штифта и корня, за счет увеличения контактной площади, не наблюдалось больших значений напряжений, как это было в случае с коническим штифтом. Наибольшее значение напряжений 40,2 МПа выявлено при наклонной нагрузке. Заметим, что во всех диаграммах зоны, обозначенные красным цветом, соответствуют областям, эквивалентные напряжения в которых превышают величину равную 15 МПа.



а)

б)

в)

Рис. 4. Распределения напряжений в корне зуба, возникающих при действии на цилиндрический штифт вертикальной (а), горизонтальной (б) и наклонной (в) сосредоточенной силы для контакта типа *Frictional*

Следует отметить, что численные результаты для обоих типов штифтов являются практически идентичными в случае идеальной склейки. Тем не менее, при контакте с трением количественные и качественные результаты различны. Величины напряжений при использовании цилиндрической штифтовой вкладки уменьшаются вдвое. Кроме этого, отсутствует концентратор напряжений в нижней области контакта корня и цилиндрического штифта по сравнению с конической вкладкой. Данный факт указывает на уменьшение вероятности раскола корня зуба при использовании цилиндрического типа штифтов.

Полученные результаты подтверждают наиболее часто встречающиеся в практике случаи раскола корня зуба и отсоединения штифта от поверхности корня и могут быть использованы в ортопедической стоматологии при выборе оптимального типа штифтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чуйко А. Н., Вовк В. Е. Особенности биомеханики в стоматологии. – Харьков: Прапор, 2006. – 304 с.
2. ANSYS, Inc. Theory Reference. – Canonsburg, 2004. – 1067 p.