

# Обоснование геометрической конструкции усовершенствованного устройства крепления съемного зубного протеза

**Болонкин В.П.** – д.м.н., профессор, главный врач ММУ стоматологическая поликлиника №2, г. Самара; **Попов Н.В.** – старший лаборант кафедры стоматологии детского возраста ГОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет Росздрава», врач-ортопед, ортопедическое отделение ММУ стоматологическая поликлиника №2, г. Самара; **Барвинок В. А.** – д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой производство летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении «Самарский государственный аэрокосмический университет», г. Самара; **Лиманова Л.В.** – к.т.н., доцент, доцент кафедры высшей математики и прикладной информатики ГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

## Substantiation of a geometrical design of the advanced device of fastening removable tooth prostheses

Bolonkin V.P., Popov N.V., Barvinok V.A., Limanova L.V.

### Резюме

Целью данной работы является обоснование геометрической конструкции усовершенствованного устройства для крепления съемного зубного перекрывающего протеза, предложенного автором (Решение ФИПС о выдачи патента на полезную модель «Устройство для крепления съемного зубного протеза» от 06.10.2010 г. на заявку № 2010127607 от 02.07.2010 г.). Проведено сравнительное теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния твердых тканей зуба для случаев применения различных штифтовых конструкций устройств для крепления. Полученные данные позволяют обосновать выбор в пользу предложенного усовершенствованного устройства для крепления съемного перекрывающего протеза. **Ключевые слова:** раскол корня, съемный перекрывающий протез, устройство крепления со сферической системой фиксации

### Summary

The purpose of the given work is the substantiation of a geometrical design of the advanced device for fastening of the a removable overlapping dentures offered by the author (Decision on deliveries of the patent for useful model «The device for fastening of a removable overlapping dentures» from 6/10/2010 on the demand № 2010127607 from 2/7/2010). Comparative theoretical research of the is intense-deformed condition of firm fabrics of tooth for cases of application various pins designs of devices of fastening is conducted. The obtained data allows to prove a choice in favor of the offered advanced device for fastening of a removable overlapping dentures.

**Keywords:** root fracture, removable overlapping dentures, device for fastening with spherical system of fixing

### Введение

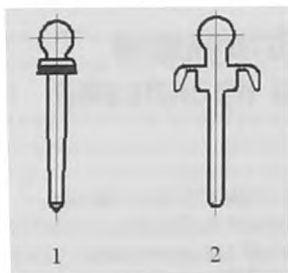
С возрастом увеличивается нуждаемость пациентов в съемном протезировании, которая по данным отдельных авторов достигает 70 % [1], из них 8 – 11 % составляет группа больных с одиночно сохранившимися зубами или корнями зубов на челюстях [2].

Оставшийся зуб или корень позволяет использовать различные типы фиксации съемного перекрывающего протеза: телескопические, замковые виды креплений и т.д. Сохранение на челюсти последнего зуба особенно целесообразно у больных, которые впервые протезируются съемными протезами, наличие которого значительно облегчает процесс и уменьшает время адаптации к съемному протезу [3 – 5].

В практике ортопедической стоматологии для опоры и ретенции перекрывающих протезов чаще используют стандартные корневые штифтовые устройства фиксации [6], которые особенно показаны при протезировании больных с одиночно сохранившимися корнями зубов

---

Ответственный за ведение переписки -  
Попов Николай Владимирович – врач-ортопед.  
443009, г. Самара, ул. Свободы, 121, каб. 35.  
Тел.: 8 9276010414.  
E-mail: 2750668@mail.ru



**Рис. 1. Исследуемые штифтовые конструкции**

- 1 – стандартное корневое штифтовое устройство конической формы с конусным окончанием фирмы RHEIN-83 с неподвижной сферой;  
2 – индивидуальное штифтовое устройство цилиндрической формы с полусферическим окончанием, корневым колпачком и вкладочной частью овальной формы в устье корня зуба предложенной нами конструкции

съемными протезами [7, 8]. Однако известно, что использование стандартного корневого штифтового устройства для крепления съемного протеза может привести к возникновению скола и раскола корня зуба и, следовательно, к удалению одиночно сохранившегося корня зуба.

Для предупреждения возникновения раскола корня зуба, снижения риска развития кариеса корня и улучшения фиксации нами было разработано устройство для крепления съемного зубного протеза (Решение ФИПС о выдачи патента на полезную модель «Устройство для крепления съемного зубного протеза» от 06.10.2010 г. на заявку № 2010127607 от 02.07.2010 г.). Устройство для крепления съемного зубного протеза с литым защитным колпачком выполнено из металла и содержит литой защитный колпачок с вкладочной частью овальной формы, плотно охватывающий по уровню кругового уступа ткани корня зуба, корневой цилиндрический штифт с полусферическим окончанием, расположенный в посадочном ложе канала корня зуба, и сферическую головку.

**Цель работы** - обосновать геометрическую конструкцию усовершенствованного устройства для крепления съемного зубного перекрывающего протеза путем

проведения сравнительных теоретических исследований напряженно-деформированного состояния твердых тканей зуба.

## Материалы и методы

Для проведения сравнительного теоретического исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) твердых тканей зуба были выбраны два типа корневых штифтовых устройств для фиксации съемного перекрывающего протеза (рис. 1):

- 1) стандартное корневое штифтовое устройство конической формы с конусным окончанием фирмы RHEIN-83 с неподвижной сферой;
- 2) индивидуальное штифтовое устройство цилиндрической формы с полусферическим окончанием, корневым колпачком и вкладочной частью овальной формы в устье корня зуба предложенной нами конструкции.

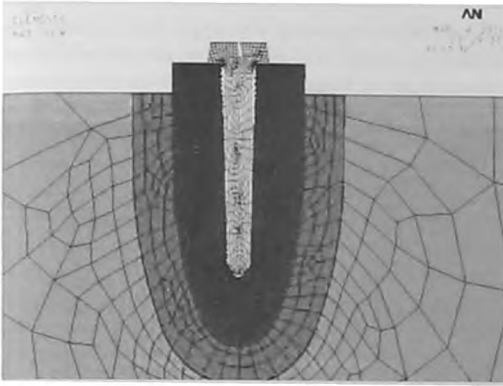
Математическая модель для теоретических исследований была построена на основании общих соотношений линейной механики деформирования твердого тела. Модель базируется на решении вариационных уравнениях Лагранжа. В уравнениях состояния использована поверхность нагружения Мизеса с линейным упрочнением изотропного материала, нагружение системы считается квазистатическим, массовые и инерционные силы не учитываются.

Расчет напряженно-деформированного состояния производился с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Моделирование с применением МКЭ осуществлялось по следующему алгоритму:

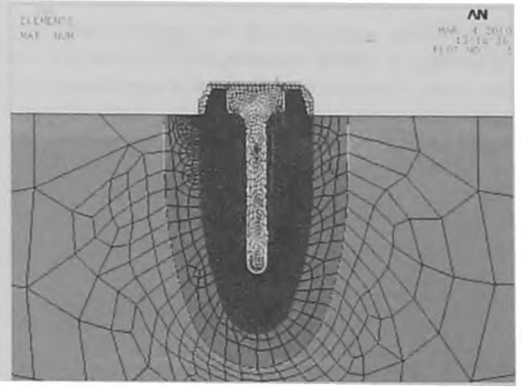
- определялись параметры корня зуба с различной геометрической конструкцией штифтового устройства, где рассматривались области с одинаковыми физико-механическими свойствами, прикладывались функциональные нагрузки и задавались варианты нагружения исследуемой системы;
- создавались геометрические модели и их разбиение на конечные элементы;
- задавались граничные условия (закрепление на границе или граничные нагрузки);
- численно решались системы уравнений; были представлены результаты исследований и проведен их анализ.

**Таблица 1. Механические характеристики структурных составляющих математической модели**

Составляющие характеристики математической модели	Коэффициент Пуассона, ( $\nu$ )	Модуль упругости ( $E$ ), МПа
Дентин	0,31	$1,56 \cdot 10^3$
Цемент	0,35	$6,73 \cdot 10^3$
Гуттаперча	0,45	0,069
Периодонт	0,45	25
Компактная кость	0,32	$1,37 \cdot 10^4$
Губчатая кость	0,33	$6,89 \cdot 10^3$
Материал штифта	0,41	$2,06 \cdot 10^5$



**Рис. 2. Геометрическая модель для стандартного корневого штифтового устройства конической формы с конусным окончанием фирмы RHEIN-83 с неподвижной сферой**



**Рис. 3. Геометрическая модель для индивидуального штифтового устройства цилиндрической формы с полусферическим окончанием, корневым колпачком и вкладочной частью овальной формы в устье корня зуба конструкции автора**

Основные механические характеристики структурных составляющих математической модели: ткани корня зуба, периодонтальной щели, компактной пластинки зубной альвеолы, губчатого вещества и слизистой десны, модуль упругости (E) костной ткани, коэффициент Пуассона ( $\nu$ ) были взяты по данным исследований [9 – 13] и представлены в таблице 1.

При осуществлении математического исследования применялся программный комплекс ANSYS, предназначенный для конечно-элементного анализа. Система анализирует краевые области, разбитые на конечные элементы, для которых задаются граничные условия в соответствии с решаемой задачей.

В момент построения геометрической модели была рассмотрена многосвязная область, включающая анатомические элементы: пластинка компактной кости – альвеолы, волокон периодонта, дентина корня зуба, цемента и штифтовой конструкции, имеющие различные физико-механические характеристики. Геометрические параметры данных областей принимались согласно усредненным анатомическим особенностям для элементов пародонта. Построены две геометрические модели, отражающие исследуемые конструкции штифтовых устройств фиксации съемного перекрывающего протеза. Далее программным комплексом ANSYS в автоматическом режиме для моделей было проведено разбиение областей на конечные элементы. Геометрические модели для двух исследуемых штифтовых конструкций представлены на рис. 2, 3.

Одинаковые граничные условия задавались для построенных математических моделей. Внешние границы области, моделирующей губчатую кость, закреплялись по трем координатам. С помощью программного обеспечения определялись две величины приложенной нагрузки – 310 и 510 Н. Данные значения выбранной нагрузки приняты соответствующими средним значениям нагрузки, которая действует на ткани пародонта передних зубов при откусывании пищи и может достигать 300 Н, а в пре-

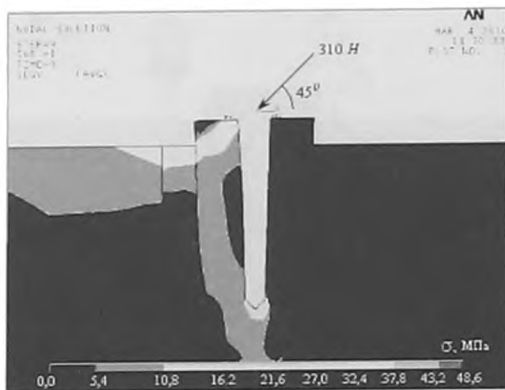
молярах и молярах величина жевательных нагрузок может составлять 500 Н [14, 15]. Нагрузка прилаживалась к точке, находящейся на оси штифтовой конструкции, а ее вектор направлен вниз, под углом  $45^\circ$  к горизонтальной плоскости. Механические характеристики структурных составляющих трехмерной математической модели представлены в таблице 1.

## Результаты и обсуждение

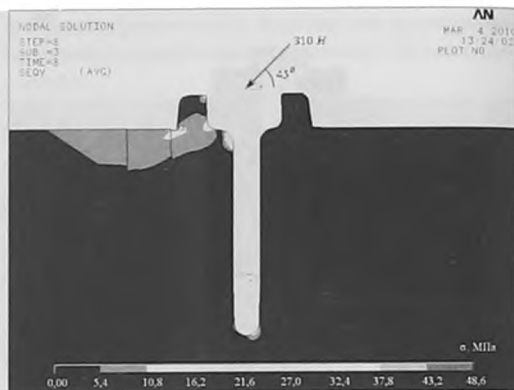
При анализе напряженно-деформированного состояния уделялось особое внимание не только напряжениям, возникающим в верхушечной части корня и в канале корня зуба, но и производилась оценка напряжений, появляющихся в его устьевой части.

В результате математического моделирования и численного решения полученных уравнений для двух видов штифтовых конструкций были получены распределения эквивалентных напряжений (напряжений по Мизесу), вызванных действием заданных нагрузок. Полученные эквивалентные напряжения в тканях корня зуба при величине нагрузки в 310 Н представлены на рис. 4, 5. Распределение эквивалентных напряжений в тканях корня зуба при величине нагрузки в 510 Н показаны на рис. 6, 7. Для наглядности графического материала устройство для крепления съемного перекрывающего протеза не показано.

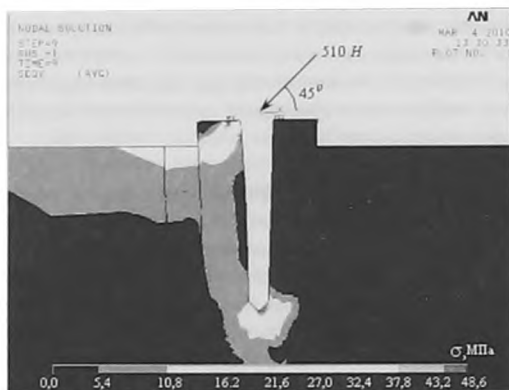
Проведенный анализ полученных распределений эквивалентных напряжений для стандартного корневого штифтового устройства конической формы с конусным окончанием фирмы RHEIN-83 с неподвижной сферой (рис. 4 и 6) показывает, что максимальные напряжения при заданных значениях нагрузки концентрируются в области устьевой и апикальных частях корня зуба и достигают при нагрузке 310 Н в устье корня 38,1 МПа, а в апикальной части – 35,4 МПа. При нагрузке 510 Н в устье корня напряжения достигают значения 45,8 МПа, а в апикальной части – 44,9 МПа. Данные величины возникаемых напряжений могут явиться причиной возникновения



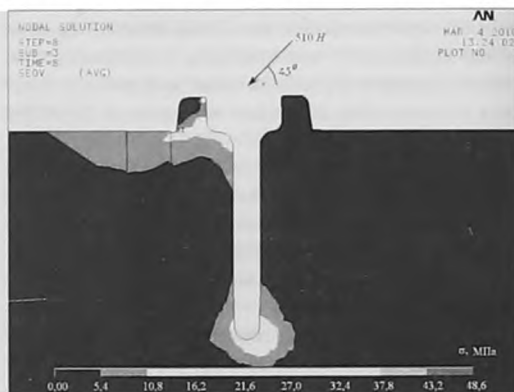
**Рис. 4.** Распределение эквивалентных напряжений для модели, включающей стандартное корневое штифтовое устройство конической формы с конусным окончанием фирмы RHEIN-83 с неподвижной сферой (нагрузка 310 Н)



**Рис. 5.** Распределение эквивалентных напряжений для модели, включающей индивидуальное штифтовое устройство цилиндрической формы с полусферическим окончанием, корневым колпачком и вкладочной частью овальной формы в устье корня зуба конструкции автора (нагрузка 310 Н)



**Рис. 6.** Распределение эквивалентных напряжений для модели, включающей стандартное корневое штифтовое устройство конической формы с конусным окончанием фирмы RHEIN-83 с неподвижной сферой (нагрузка 510 Н)



**Рис. 7.** Распределение эквивалентных напряжений для модели, включающей индивидуальное штифтовое устройство цилиндрической формы с полусферическим окончанием, корневым колпачком и вкладочной частью овальной формы в устье корня зуба конструкции автора (нагрузка 510 Н)

сколов в устьевой части корня и формированию раскола в апикальной области. В канале корня зуба напряжения колеблются в диапазоне от 0 до 5,4 МПа при заданных нагрузках.

Из полученных распределений эквивалентных напряжений, представленных на рис. 5 и 7, следует, что введение в конструкцию устройства для фиксации съемного перекрывающего протеза корневого колпачка, вкладочной части овальной формы в устье корня зуба, а также изменение геометрии штифта на цилиндрическую с полусферическим окончанием способствует понижению величины напряжений, как в зоне апекса, так и в устьевой части корня зуба. В области устья корня зуба они составляют при нагрузке 310 Н от 13,8 до 17,4 МПа, в апи-

кальной части – от 10,4 до 11,9 МПа. При нагрузке 510 Н в устье корня напряжения находятся в промежутке от 26,2 до 30,8 МПа, а в апикальной части – от 22,4 до 27,1 МПа. Данное снижение значений напряжений связано с раздроблением приложенной нагрузки по увеличенной площади контакта штифтового устройства крепления по устьевой части корня зуба, круговому уступу.

## Выводы

Из полученных результатов и анализа данных проведенного сравнительного исследования можно сделать вывод, что предложенная и разработанная нами конструкция штифтового устройства с полусферическим окончанием, корневым колпачком и вкладочной частью оваль-

ной формы в устье корня зуба приводит к снижению значений возникаемых напряжений благодаря раздроблению приложенной нагрузки по увеличенной площади контакта штифтового устройства крепления по устьевой части корня зуба, круговому уступу, что приводит к снижению нагрузки в апикальной части корня зуба, что исключает возможность образования скола и раскола корня зуба.

Таким образом, при ортопедическом лечении больных с одиночно сохранившимися зубами и корнями зубов рекомендуем применение предложенной нами конструкции штифтового устройства для крепления съемного перекрывающего протеза, что приведет к более рациональному распределению напряжений в тканях опорного зуба, а также предотвратит известные осложнения.■

## Литература:

1. Варес Э.Я. Нуждаемость населения в зубных протезах. *Стоматология* 1983; №2. С. 79-80.
2. Тлустенко В.П., Садыков М.И., Потапов В.П., Нестеров А.М. Особенности ортопедического лечения больных с малым количеством зубов. Самара 2010; 144 с.
3. Трезубов В.Н., Шербаков А.С., Мишнев Л.М. Ортопедическая стоматология (факультетский курс): 6-е изд., перераб. и доп. СПб: Фолиант, 2002. 576 с.
4. Ибрагимов Т.И. Актуальные вопросы ортопедической стоматологии с углубленным изучением современных методов лечения. М: Практическая медицина; 2006. С. 75-79.
5. Коновалов А.П., Курякина Н.В., Митин Н.Е. Фантомный курс ортопедической стоматологии. М; Новгород: Медицинская книга; 2001. 341 с.
6. Лебеденко И.Ю., Перегудов А.Б., Глебова Т.Э. с соавт. Телескопические и замковые крепления зубных протезов. М: Молодая гвардия; 2004. 344 с.
7. Марков Б.Л., Маркова Г.Б., Пан Е.Г. с соавт. Технология изготовления пластиночных протезов с использованием корней зубов. *Стоматология на пороге третьего тысячелетия: сб. тезисов*. М: Авиаиздат; 2001. С. 557-559.
8. Hohmann A., Hielscher W. Конструкция частичного зубного протеза. Львов: Галл Дент; 2002. 192 с.
9. Чуйко А. Н. О возможностях конечно-элементного моделирования в ортопедической стоматологии. *Стоматолог*; №3. Харьков 2000. С. 37-38.
10. Чуйко А. Н., Бочарова Э. В. Особенности напряженно-деформированного состояния при заболеваниях пародонта. *Стоматолог*; №11. Харьков 2000. С. 30-35.
11. Олесова В.Н., Давтян А.М. с соавт. Замковые крепления протезов в клинике ортопедической имплантологии. *Институт стоматологии* 2000; №3(8). С. 40-42.
12. Воложин А.И., Чумаченко Е.Н., Барер Г.М., Ведеев А.И. Математическое моделирование и расчет напряженно-деформированного состояния системы «зуб-челюсть» после депульпирования. *Стоматология* 2002; №3. С. 15-17.
13. Кассаро А., Джерачи Д., Питини А. Теоретическое и экспериментальное исследование по поводу перелома в системе литая штифтовая вкладка. *Клиническая стоматология* 2000; №2. С. 26-30.
14. Загорский В.А. Частичные съемные и перекрывающие протезы. М: Медицина; 2007. 360 с.
15. Курляндский В.Ю. Ортопедическая стоматология. М: Медицина; 1977. 448 с.