

# ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМЫХ СОСТОЯНИЙ БАЛОЧНО-КАРКАСНЫХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ С ОПОРОЙ НА ДЕНТАЛЬНЫЕ ИМПЛАНТАТЫ ПРИ ПОЛНОМ ОТСУТСТВИИ ЗУБОВ

**Хафизов Ирек Раисович**

Преподаватель, «Казанский (Приволжский)  
федеральный университет»  
khafizovirek@mail.ru

**ASSESSMENT OF STRESS-STRAIN  
STATES OF THE GIRDER-FRAME  
ORTHOPEDIC STRUCTURES BASED  
ON DENTAL IMPLANTS  
IN THE COMPLETE ABSENCE OF TEETH**

**I. Khafizov**

*Summary.* In the modern practice of the dentist, there is a large arsenal of materials and various methods of prosthetic dentistry, even in their absence. One of the types of prosthetics is the use of beam-frame semi-removable prostheses based on dental implants. However, when considering this type of structure, there is an acute problem of determining objective criteria for selecting and evaluating the functioning of these systems. In this paper, the possibilities of using modern programs of reverse engineering and finite element analysis are considered. The methods of application of these techniques in everyday dental prosthetic practice, contributing to the transition of traditional methods of manufacturing to digital technology are given.

*Keywords:* multicomponent prostheses, dental implants, criteria for the selection of structures, an objective prediction of functioning, CAD/CAM.

*Аннотация.* В современной практике врача-стоматолога имеется большой арсенал материалов и различных способов протезирования зубов даже при их полном отсутствии. Одним из видов протезирования является использование балочно-каркасных условно-съёмных протезов с опорой на дентальные имплантаты. Однако при рассмотрении такого вида конструкций, остро стоит проблема определения объективных критериев выбора и оценки функционирования данных систем. В данной работе рассмотрены возможности использования современных программ обратного проектирования и конечно-элементного анализа. Приведены способы применения данных методик в повседневной зубопротезной практике, способствующие переходу традиционных методов изготовления к цифровым технологиям.

*Ключевые слова:* многокомпонентные протезы, дентальные имплантаты, критерии выбора конструкций, объективный прогноз функционирования, КАД/КАМ.

## Введение

**В** настоящее время потребность в протезировании и восстановлении зубных рядов остается высоким, достигая максимальных значений в возрастной категории 50–60 лет. Большое количество населения нуждается в качественном ортопедическом лечении. Существует множество способов восстановления зубных рядов при частичной или же полной потере зубов [1]. В последнее время использование дентальных имплантатов позволило намного расширить возможности протезирования при полном отсутствии зубов с точки зрения выбора тех или иных видов конструкций. Использование дентальных имплантатов в качестве удерживающих или опорных элементов балочно-каркасных условно-съёмных протезов стало востребованным методом лечения полного отсутствия зубов, став хорошей альтернативой традиционным пластиночным полным съёмным протезам, имеющим свои недостатки [2]. С раз-

витием дентальной имплантологии появляются новые способы установки дентальных имплантатов и способов подготовки полости рта к данным операциям, при малоблагоприятных условиях, дефиците или атрофии костной ткани [3,4]. Протезирование с использованием многокомпонентных балочно-каркасных ортопедических конструкций с опорой на дентальные имплантаты имеет свои нюансы. В первую очередь такие протезы имеют многокомпонентное строение и большое количество составных частей, которые представляют собой биотехнические и функциональные системы, в которых одним из главных компонентов является первичная балка [5]. Данные конструкции достаточно сложны в изготовлении, требуют точного исполнения всех деталей, пассивного соединения компонентов друг с другом и ненапряженного наложения на сами дентальные имплантаты. Протезирование данными конструкциями является методом выбора и зависит от многих факторов. Не только от исходной анатомической ситуации, но и от таких па-

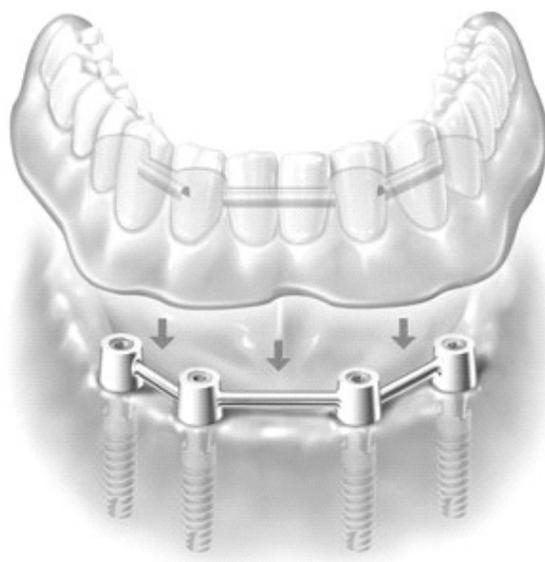


Рис. 1. Структурная схема многокомпонентной балочно-каркасной ортопедической конструкции с опорой на дентальные имплантаты.



Рис. 2. Трехмерная модель первичной балки и вторичного каркаса на дентальных имплантатах: А-вид спереди, Б-вид сзади.

раметров как размеры первичной балки, форма балки, свойств конструкционных материалов, из которых будет исполнена первичная балка и многих других [6]. В связи с этим возникает необходимость в оценке и объективном прогнозе функционирования таких систем. Для понимания механизмов распределения напряжений в балочных системах требуется проведение исследований напряженно-деформируемых состояний, как одного из критериев оценки для адекватного выбора представленных конструкций [7].

#### Цель исследования

Провести анализ напряженно-деформируемых состояний первичной балки многокомпонентных балоч-

но-каркасных ортопедических конструкций на дентальных имплантатах, как несущей структуры протеза.

#### Материалы и методы

Исследование проводили в условиях зуботехнической лаборатории с использованием первичной балки многокомпонентной балочно-каркасной ортопедической конструкции с опорой на дентальные имплантаты. На (рис. 1.) представлена структурная схема данной конструкции. В костную ткань устанавливаются дентальные имплантаты, на которые в свою очередь фиксируется первичная балка с помощью винтов, с первичной балкой соединяется вторичный каркас посредством различных замков, ригелей, фрикционных штифтов или других эле-

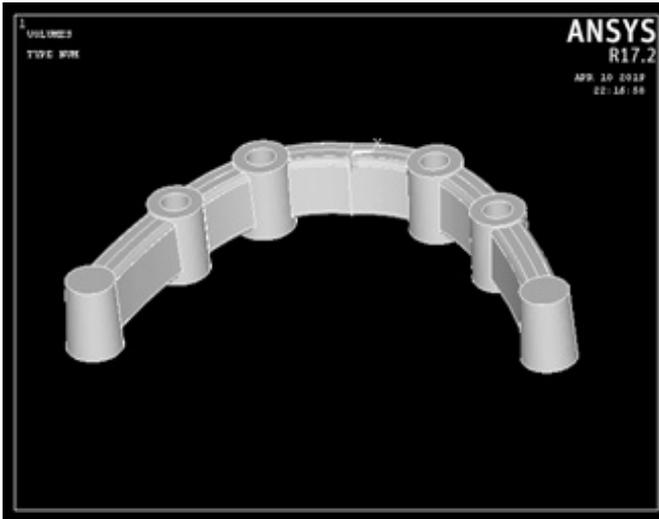


Рис. 3. Параметрическая модель первичной балки.

ментов, на вторичном каркасе устанавливается искусственный базис с искусственными зубами.

Для проведения эксперимента была отлита модель с 4 установленными дентальными имплантатами в переднем отделе альвеолярной части нижней челюсти. Далее смоделирована первичная балка, с учетом всех условий и заданных параметров. Затем смоделированная балка была отсканирована с помощью CAD/CAM системы и получена трехмерная модель (рис. 2. А, Б).

3-Д модель изучалась в компьютерной программе. На трехмерной модели визуализировались все поверхности и биотехнические составляющие данной конструкции. После этого данный тип файла, содержащий 3-Д модель, был совмещен с программой конечно-элементного анализа ANSYS и на основе полученных данных конструкции разработана параметрическая модель балки для изучения напряженно-деформируемых состояний, которые могут возникнуть в первичной балке как несущей части протеза (рис. 3.).

В качестве конструкционного материала первичной балки был принят кобальт-хромовый сплав (КХС). Модуль упругости данного материала равен 250 Гпа, предел прочности составляет 850 Мпа. Температура плавления 1458оС. Благодаря хорошим литейным и антикоррозийным свойствам сплав широко используется в ортопедической стоматологии для каркасов литых коронок, мостовидных и дуговых (бюгельных) протезов, съемных протезов с литыми базисами. Нагрузка на балку при жевательных воздействиях принималась в 398 кг. В работе принято, что нагрузка на балку действует равномерно.

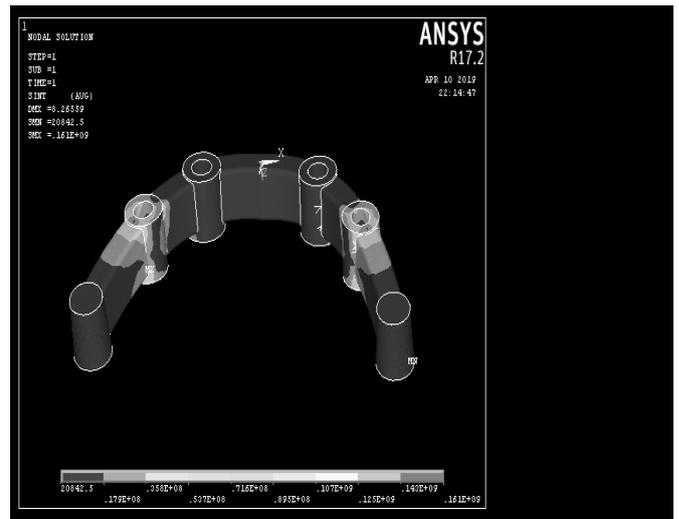


Рис. 4. Диаграмма интенсивности напряжений

### Результаты исследования

Были проведены численные расчеты для исследования напряженно- деформируемого состояния первичной балки с опорой на 4 дентальных имплантата с использованием КХС. На (рис. 4.) приведена картина распределения интенсивности напряжений балки, изготовленной из кобальт-хромового сплава (КХС). Согласно цветной шкале красным цветом характеризуется максимальные напряжения в первичной балке.

В результате проведенного исследования спроектированной балки при использовании материала КХС, интенсивность максимальных напряжений равно 0.161e9, а предельное значение  $f$  составляло 0,29 (рис. 4.), что соответствует по шкале красному цвету. Максимальная концентрация напряжений возникает у основания консольных частей балки. Полученные в исследовании результаты показали, что использование данного вида конструкции из сплава КХС допустимо, и концентрация напряжения не приведет к повреждению конструкции, однако для ее снижения имеет смысл укоротить консольные части конструкции либо увеличить толщину балки в этой области, если это не будет нарушать анатомический, функциональный и эстетический оптимум.

### Заключение

Методика оценки напряженно-деформируемых состояний балочно-каркасных ортопедических конструкций с опорой на дентальные имплантаты при полном отсутствии зубов показала высокую целесообразность использования при планировании и выборе в качестве протезов данных систем. Данная методика Примеча-

тельна своей простотой и удобством в практическом применении. Она может быть использована в любой зуботехнической лаборатории при традиционном способе моделирования первичного каркаса балки, за счет применения способа обратного проектирования и совмещения его с программами конечно-элементного анализа, что знаменует собой переход к современным цифровым

технологиям. Адекватный выбор конструкции и материалов балки протеза с опорой на дентальные имплантаты, позволит создавать индивидуализированные ортопедические конструкции, которые обеспечат минимальный уровень интенсивности напряжений в опорных тканях, и будут являться результатом долговременного функционирования таких систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Рубникович С. П., Грищенко А. С. Психологический профиль стоматологических пациентов при протезировании традиционными полными съемными протезами и съемными протезами с опорой на дентальные имплантаты // *Стоматолог*. Минск. 2019. № 1 (32). С. 71–76.
2. Миргазизов М. З., Хафизов Р. Г., Миргазизов Р. М. Зубной имплантат и способ его установки // патент на изобретение *RUS2135118* 18.04.1996
3. Хафизов Р. Г., Миргазизов М. З., Гюнтер В. Э., Хафизова Ф. А., Житко А. К., Хафизов И. Р., Мирагазизов Р. М. Плетеная никелидтитановая мембрана с памятью формы для направленной тканевой регенерации // патент на полезную модель *RUS117087* 10.01.2012
4. Миргазизов М. З., Миргазизов Р. М., Хафизова Ф. А., Хафизов Р. Г., Хайруллин Ф. А., Гюнтер В. Э., Цыплаков Д. Э., Козлова А. К. Метод глубокого травления // Патент на изобретение *RUS2464646* 15.04.2009
5. Миргазизов М. З., Миргазизов А. М., Миргазизов Р. М. Биотехнические и функциональные системы на дентальных имплантатах // В сборнике: *Современная Стоматология Сборник научных трудов, посвященный 125-летию основателя кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессора Исаака Михайловича Оксмана*. 2017. С. 10–19.
6. Рубникович С. П., Агиевцев А. Д. Протезирование пациентов съемными протезами с опорой на дентальные имплантаты с использованием цифровых технологий // *Стоматолог*. Минск. 2019. № 1 (32). С. 60–65.
7. Неспрядько В. П., Черных Н. С., Григоренко А. Я., Тормохов Н. Н. Математическое моделирование частичного съемного протезирования с использованием замкового крепления // *Молодой ученый*. 2014. № 3 (62). С. 215–222.

© Хафизов Ирек Раисович ( khafizovirek@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Казанский (Приволжский) федеральный университет