

# ВЛИЯНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ПРОТЕЗОМ: КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Босяков С. М.<sup>1)</sup>, Назаренко Д. В.<sup>1)</sup>, Рубникович С. П.<sup>2)</sup>, Мулик П. С.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Белорусский государственный университет, Минск

<sup>2)</sup> Белорусский государственный медицинский университет

<sup>3)</sup> Белорусская медицинская академия последипломного образования

При полном отсутствии зубов нижней челюсти съемные протезы с фиксацией на имплантатах позволяют эффективно восстановить жевательную функцию. Преимуществами использования таких протезов являются их хорошая стабилизация и жевательная функция, достаточное комфортное ношение, а также высокие показатели выживаемости имплантата после установки съемного протеза.

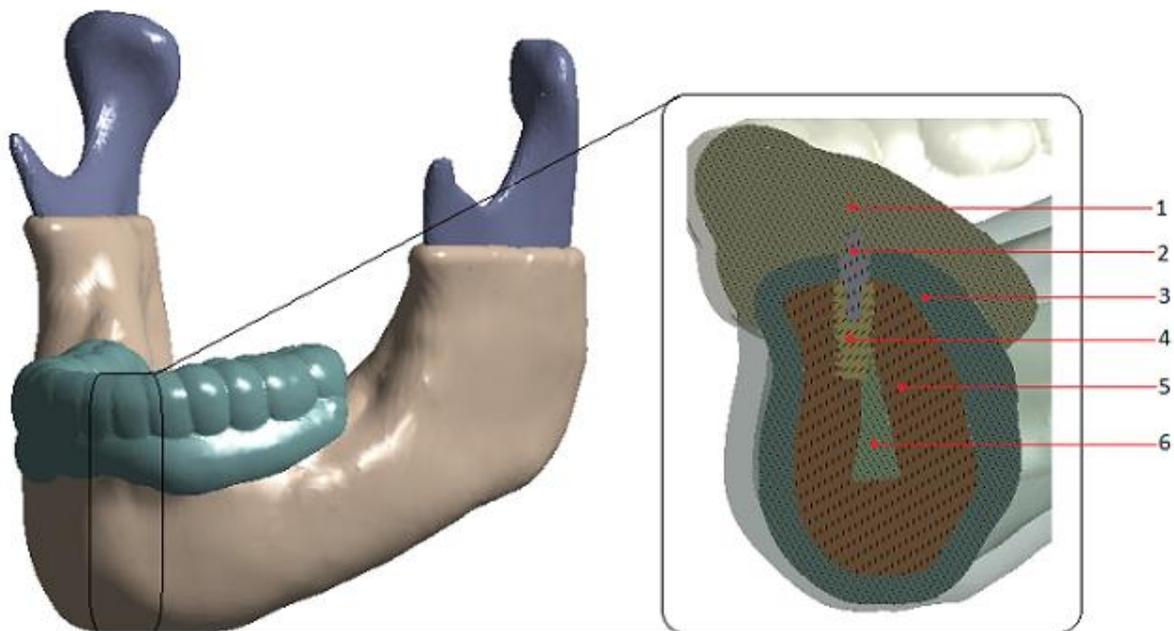
**Материалы и методы.** Для построения твердотельной модели нижней челюсти и зубочелюстного протеза использовались соответствующие данные компьютерной томографии. Обработка данных осуществлялась в пакете Mimics 13 (Materialise, Leuven, Belgium) с учетом губчатой и кортикальной костной ткани, а также слизистой оболочки. В среднем толщина слизистой оболочки составляет 3,0 мм. Моделирование имплантатов со сферическим соединением выполнено в пакете SolidWorks 2020 (Dassault Systems, France). Длина имплантата, диаметр сферического элемента, высота соединения составили 10,0 мм 4,2 мм и 9,4 мм соответственно. Модель нижней челюсти с установленным протезом на два имплантата представлена на рисунке 1.

Физико-механические свойства для элементов модели в соответствии с данными [1]-[5] представлены в таблице 1.

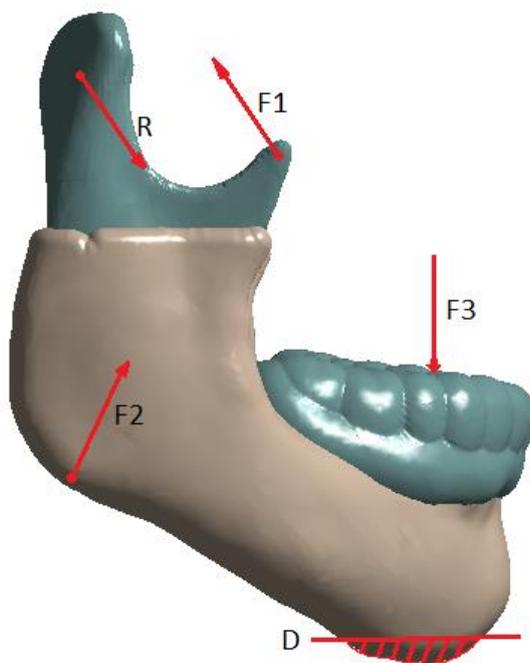
Табл. 1. Физико-механические свойства материалов модели.

Материал	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона
Губчатая костная ткань	1 370,0	0.30
Кортикальная костная ткань	13 700,0	0.30
Слизистая оболочка	19,6	0.30
Имплантат, атachment (абатмент)	110 000,0	0.35
Протез (акрил)	8300,0	0.28

Граничные условия заключаются в фиксации модели в области подбородка, суммарном усилии жевательной и внутренней крыловидной мышцы, жевательной нагрузке, прикладываемой к протезу, усилении височной мышцы, реакции в суставе [6]. Между элементами модели задаётся контакт типа Bonded. Граничные условия обозначены на рисунке 2.



*Рис. 1. Компоненты твердотельной модели зубочелюстной системы: 1 – протез, 2 – абатмент, 3 – слизистая оболочка, 4 – имплантат, 5 – кортикальная костная ткань, 6 – губчатая костная ткань*



*Рис. 2. Граничные условия для модели нижней челюсти с установленным протезом: F1 – усилие височной мышцы, F2 – суммарное усилие жевательной и крыловидной мышцы, F3 – жевательная нагрузка, R – реакция в суставе, D – область фиксации модели*

**Заключение.** Разработана твердотельная модель нижней челюсти человека с учетом распределения губчатой и кортикальной костной ткани, а также моделей зубных имплантатов и зубного протеза. На основе этих моделей выполнено конечно-элементное моделирование протезирования зубочелюстной системы при полном эдентулизме с опорой на шаровидные имплантаты. Проведен расчет напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели нижней челюсти с зафиксированным на двух шаровидных имплантатах протезом под действием распределенной нагрузки, соответствующей нагружению нижнего зубного ряда при жевании.

#### Литература

1. Bozkaya D., Muftu S., Muftu A. Evaluation of load transfer characteristics of five different implants in compact bone at different load levels by finite elements analysis // *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2004. Vol. 92. P. 523-530.
2. Chun H.J., Park D.N., Han C.H. Stress distribution in maxillary bone surrounding overdenture implants with different overdenture attachments // *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005. Vol. 32. P. 193-205.
3. Moldoveanu S.A.B., Munteanu F., Forna N.C. Impact of implant-retained mandibular overdenture on oral mucosa - a finite element analysis // *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*. 2020. Vol. 12, No. 1. P. 6-12.
4. Grandin H.M., Berner S., Dard M. A review of titanium zirconium (TiZr) alloys for use in endosseous dental implants // *Materials*. 2012. Vol. 5. P. 1348-1360.
5. Darbar U.R., Huggett R., Harrison A. Finite element analysis of stress distribution at the toothdenture base interface of acrylic resin teeth debonding from the denture base // *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1995. Vol. 74. P. 591-594.
6. Дударь, О.И. Определение усилий в жевательных мышцах при центральной окклюзии / О.И. Дударь, Д.И. Бобина, А.И. Ляшкова. – Пермь: ПНИПУ, 2016.