

DOI: 10.18481/2077-7566-2022-18-3-144-148  
УДК 616.314-77

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИМПЛАНТАТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ПОД НАКЛОНОМ, С РАЗЛИЧНЫМИ КОНФИГУРАЦИЯМИ ИМПЛАНТАТ — АБАТМЕНТ — ФИКСИРУЮЩИЙ ВИНТ

Дубова Л. В., Шлык А. Д., Максимов Г. В., Маджидова Е. Р.

Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия

### Аннотация

**Предмет.** Различные варианты внутренних соединений имплантатов, абатментов и винтов имеют биомеханические особенности, которые влияют на успех имплантологического лечения.

Все структуры имплантационной системы, включая внутреннее соединение, подвергаются воздействию жевательной нагрузки. Наиболее благоприятным расположением имплантата является позиция, соосная окклюзионной нагрузке. Однако во многих клинических случаях, вследствие анатомических ограничений и наличия противопоказаний к костнопластическим операциям, появляется необходимость установки имплантатов под наклоном.

В настоящее время в стоматологической практике успешно внедряются угловые дентальные имплантаты — с расположенной под углом к оси имплантата ортопедической платформой и шахтой фиксирующего винта.

Четкое понимание особенностей распределения напряжения внутри различных типов соединений имплантатов позволяет оптимизировать планирование и лечение, тем самым снизить риск появления осложнений.

**Цель.** Изучить особенности распределения напряжения в имплантационных системах с различными дизайнами соединений между имплантатом, расположенным под наклоном, винтом и супраструктурой.

**Методология.** Проведено исследование напряженно-деформированного состояния имплантационных систем с применением метода анализа конечных элементов при использовании прямых и угловых имплантатов для стоматологического ортопедического лечения с использованием несъемных конструкций.

**Результаты.** Пиковые показатели напряжений для моделей с прямым имплантатом при различных вариантах направления окклюзионной нагрузки варьировались от 43 до 45 Мпа. Для модели с применением углового имплантата максимальные значения напряжения достигали 70 МПа при соосной нагрузке и 265 МПа при нагрузке, направленной под углом.

**Выводы.** Различная структура внутреннего соединения в значительной степени влияет как на локализацию, так и на абсолютное значение максимальных напряжений. В случае модели с прямым имплантатом максимальные показатели напряжения значительно ниже пределов усталостного разрушения, при рассмотрении модели с угловым имплантатом максимальные значения напряжения и их локализация сопоставимы с величиной усталостной прочности при определенных направлениях нагрузки, что, потенциально, может приводить к повреждениям во внутреннем соединении имплантата.

**Ключевые слова:** соединение имплантата и абатмента, абатмент, фиксирующий винт, винт абатмента, винт имплантата, математическое моделирование, метод конечных элементов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Любовь Валерьевна ДУБОВА ORCID ID 0000-0003-2651-2699

д.м.н., профессор, заведующая кафедрой ортопедической стоматологии стоматологического факультета, Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия  
dubova.l@gmail.com

Андрей Дмитриевич ШЛЫК ORCID ID 0000-0001-7829-975X

аспирант кафедры ортопедической стоматологии стоматологического факультета, Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия  
andshlyk@yandex.ru

Георгий Викторович МАКСИМОВ ORCID ID 0000-0002-0352-8746

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии стоматологического факультета, Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия  
gvtaximov@yandex.ru

Елизавета Руслановна МАДЖИДОВА ORCID ID 0000-0002-5879-7580

к.м.н., ассистент кафедры ортопедической стоматологии стоматологического факультета, Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия  
Madzhidova@mail.ru

Адрес для переписки: Андрей Дмитриевич ШЛЫК

107258 г. Москва, ул. Игральная, 7-11

+7 926 682-73-35

andshlyk@yandex.ru

### Образец цитирования:

Дубова Л. В., Шлык А. Д., Максимов Г. В., Маджидова Е. Р.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИМПЛАНТАТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ПОД НАКЛОНОМ, С РАЗЛИЧНЫМИ КОНФИГУРАЦИЯМИ ИМПЛАНТАТ — АБАТМЕНТ — ФИКСИРУЮЩИЙ ВИНТ. Проблемы стоматологии. 2022; 3: 144-148.

© Дубова Л. В. и др., 2022

DOI: 10.18481/2077-7566-2022-18-3-144-148

Поступила 17.10.2022. Принята к печати 14.11.2022

DOI: 10.18481/2077-7566-2022-18-3-144-148

## MATHEMATICAL MODELING OF BIOMECHANICAL FEATURES OF IMPLANTS POSITIONED UNDER INCLINE WITH DIFFERENT CONFIGURATIONS IMPLANT — ABUTMENT — LOCKING SCREW

Dubova L. V., Shlyk A. D., Maksimov G. V., Majidova E. R.

*A. I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia*

### Annotation

**Subject.** Various options for internal connections of implants, abutments and screws have biomechanical features that affect the success of implant treatment.

All structures of the implant system, including the internal connection, are subjected to masticatory stress. The most favorable location of the implant is the position coaxial to the occlusal load. However, in many clinical cases, due to anatomical limitations and the presence of contraindications for osteoplastic surgery, it becomes necessary to install implants at an angle.

At present, angular dental implants are being successfully introduced in dental practice — implants with an orthopedic platform located at an angle to the axis of the implant and a fixing screw shaft.

A clear understanding of the features of stress distribution within various types of implant connections allows you to optimize planning and treatment, thereby reducing the risk of complications.

**Purpose.** To study the features of stress distribution in implant systems with different designs of connections between an implant located at an angle, a screw and a suprastructure.

**Methods.** A study of the stress-strain state of implant systems was carried out using the finite element analysis method when using straight and angled implants for dental orthopedic treatment using non-removable structures.

**Results.** Peak stress values for models with a direct implant with different options for the direction of the occlusal load varied from 43 to 45 MPa. For the model with the use of an angled implant, the maximum stresses reached 70 MPa under a coaxial load, and 265 MPa under an angled load.

**Conclusions.** It is shown that the different structure of the inner connection largely affects both the localization and the absolute value of the maximum stresses. In the case of a model with a straight implant, the maximum stress values are significantly lower than the fatigue failure limits; when considering a model with an angled implant, the maximum stress values and their localization are comparable to the fatigue strength value under certain load directions, which can potentially lead to damage in the internal connection of the implant.

**Keywords:** *implant and abutment connection, abutment, fixation screw, abutment screw, implant screw, mathematical modeling, finite element method*

The authors declare no conflict of interest.

**Lyubov V. DUBOVA** ORCID ID 0000-0003-2651-2699

*Grand PhD in Medical sciences, Professor, Head of the Department of Prosthodontic Dentistry, A. I.*

*Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia*

+7 (916) 6751248

*dubova.l@gmail.com*

**Andrey D. SHLYK** ORCID ID 0000-0001-7829-975X

*Postgraduate of the Department of Prosthodontic Dentistry, A. I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia*

+7 (926) 6827335

*andshlyk@yandex.ru*

**Georgiy V. MAXIMOV** ORCID ID 0000-0002-0352-8746

*PhD in Medical sciences, Associate Professor of the Department of Prosthodontic Dentistry,*

*A. I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia*

*gvmaksimov@yandex.ru*

**Elizaveta R. MAJIDOVA** ORCID ID 0000-0002-5879-7580

*PhD in Medical sciences, Assistant of the Department of Prosthodontic Dentistry,*

*A. I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia*

*Madzhidova@mail.ru*

**Correspondence address: Andrey D. SHLYK**

*107258, Moscow, Igralnaya str. 7–11*

+7 (926) 6827335

*andshlyk@yandex.ru*

### For citation:

*Dubova L. V., Shlyk A. D., Maksimov G. V., Majidova E. R.*

*MATHEMATICAL MODELING OF BIOMECHANICAL FEATURES OF IMPLANTS POSITIONED UNDER INCLINE WITH DIFFERENT CONFIGURATIONS IMPLANT — ABUTMENT — LOCKING SCREW. Actual problems in dentistry. 2022; 3: 144-148. (In Russ.)*

© Dubova L. V., et al., 2022

DOI: 10.18481/2077-7566-2022-18-3-144-148

Received 17.10.2022. Accepted 14.11.2022

## Введение

В настоящее время происходит активное развитие имплантационных систем. В ряде клинических случаев имеется необходимость в установке денальных имплантатов под углом к предполагаемой окклюзионной нагрузке. Данная необходимость вызвана анатомическими ограничениями, наличием атрофии альвеолярных отростков, а также противопоказаниями к проведению костнопластических операций [6].

В настоящее время в стоматологической практике появились и успешно внедряются угловые денальные имплантаты — с расположенной под углом к оси имплантата ортопедической платформой и шахтой фиксирующего винта [17].

Исследования, направленные на изучение биомеханических особенностей в соединении имплантата, абатмента и фиксирующего винта, соединяющего их, вызывают большой интерес среди отечественных и зарубежных ученых [1–5, 7–10, 12–14, 16].

Различные типы соединений имплантатов и супраструктур имеют свои биологические и механические особенности; от знания данных особенностей, вносимых типом соединения, напрямую зависит успех реабилитации пациента [11].

Риски возникновения напряжений при применении имплантатов, расположенных под наклоном и имеющих различные внутренние соединения, изучены не так детально в сравнении с более распространенными прямыми имплантатами [19, 20].

При использовании метода конечных элементов имеется возможность создать модель для расчетов взаимодействия деталей имплантационной системы с окружающими тканями и с ортопедическими конструкциями с учетом упруго-эластических свойств материалов. Данная методика с высокой точностью передает механические свойства реальной ортопедической конструкции [18].

Применение метода математического моделирования напряженно-деформированного состояния конечных элементов дает возможность выбора оптимальной модели конструкции для ортопедического стоматологического лечения с использованием денальных имплантатов. При помощи данной методики появляется возможность оценить биомеханические характеристики ортопедических конструкций до ее изготовления и фиксации в полости рта, а также ее модификация в соответствии с предъявленными требованиями [15].

## Материалы и методы

Метод анализа конечных элементов дает возможность оценивать прочностные свойства ортопедических конструкций с опорой на имплантаты с учетом особенностей составных элементов и контактного взаимодействия между ортопедическими конструкциями и имплантатом.

Проведено исследование напряженно-деформированного состояния имплантатов и несъемных ортопедических конструкций. Рассматриваются две конфигурации с различными имплантатами, абатментами и коронками. Имплантаты находятся в блоке из костной ткани, состоящей из кортикальной и губчатой костной ткани. Абатменты зафиксированы винтами. Имплантаты расположены под углом к ортопедическим конструкциям и предполагаемому вектору окклюзионной нагрузки. Угол наклона тела имплантата относительно ортопедической конструкции составил  $12^\circ$ . Конфигурация 1 состоит из прямого имплантата с внешним шестигранным плоскостным соединением, углового абатмента, винта и коронки. Конфигурация 2 состоит из углового имплантата с внешним шестигранным плоскостным соединением, прямого абатмента, винта и коронки (рис. 1). Тип соединения между имплантатом и абатментом один и тот же, также оба имплантата установлены под одинаковым углом в костной ткани. Различие между конфигурациями заключается в особенностях коррекции угла наклона:

- конфигурация 1 — прямой имплантат установлен под углом, коррекция наклона производилась за счет углового абатмента в ортопедической конструкции;
- конфигурация 2 — угловой имплантат установлен под наклоном, коррекция наклона осуществлена в самом имплантате. В ортопедической конструкции установлен прямой абатмент.

Для осуществления расчетов при помощи метода конечных элементов производили перенос в цифровое пространство моделей деталей имплантационной системы (Southern Implants). Устанавливали прочностные свойства каждого элемента, а также контактные условия взаимодействий между ними (таблица).

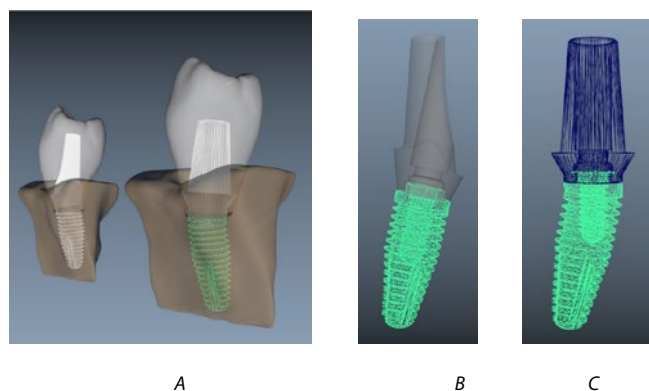


Рис. 1. Исследуемые конфигурации в программе Autodesk Maya. (А) сборка двух конфигураций с коронковой частью и интегрированными в костную ткань имплантатами (В) конфигурация 1 (С) конфигурация 2

Fig. 1. Investigated configurations in Autodesk Maya. (A) Assembly of two configurations with a coronal part and implants integrated into the bone tissue (B) configuration 1 (C) configuration 2

**Механические характеристики изучаемых материалов**

*Table. Mechanical characteristics of the studied materials*

	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона	Предел прочности на сжатие, МПа.	Предел прочности на растяжение, МПа
Губчатая кость	490–7500	0,30–0,45	26–160	10–20
Кортикальная кость	10000–20000	0,25–0,30	50–400	40–50
Титан	115000–150000	0,32–0,34	840	600

Все геометрические построения производили в программе Autodesk Maya 2022 (США), разбиение моделей на конечные элементы (рис. 2) и расчет напряженно-деформированного состояния производили в программном комплексе SolidWorks 2019 (США) версия 27 (рис. 2).

Величину жевательной нагрузки, прилагаемой к коронковой части моделей, принимали за 100Н. Рассматривали два варианта приложения окклюзионной нагрузки: соосная коронковой части моделей и направленная под углом в 45°.

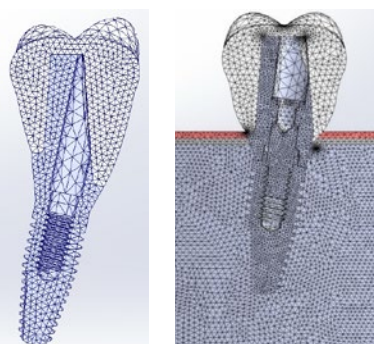
### Результаты

Различные конфигурации имплантатов и абатментов имеют особенности в локализации очагов повышенного напряжения и в их максимальных значениях. При анализе возникновения напряжения в абатментах при приложении как соосной нагрузки, так и под углом в 45°, поля возникновения напряжений и их максимальные значения были схожими в обеих конфигурациях. При анализе распределения напряжения в области фиксирующего винта и имплантата выявлены участки повышенного напряжения со стороны, в которую произведен наклон имплантата. При соосном векторе нагрузки наибольшее значение напряжений в шейке винта углового имплан-

тата составило 70 МПа, для прямого имплантата наибольшее напряжение в винте составило 43 МПа (рис. 3). При нагрузке, направленной под углом в 45°, в конфигурации 1 (прямой имплантат) максимальные нагрузки располагались в боковой поверхности имплантата и составляли порядка 45 МПа. В конфигурации 2 (угловой имплантат) участки наибольшего напряжения располагались на внутренней поверхности резьбового соединения имплантата, а максимальное значение достигало 265 МПа (рис. 4).

### Выводы

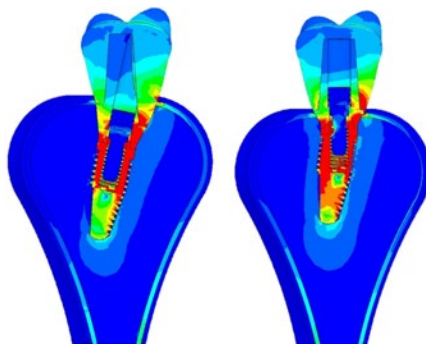
В исследовании выявлено, что различия в типе внутреннего соединения в значительной степени влияет как на локализацию полей наибольшего напряжений, так и на максимальную величину. Определено, что в конфигурации 1 (с прямым имплантатом) элементом с локализацией наибольших напряжений является фиксирующий винт (43–45 МПа), которые, однако, значительно ниже пределов усталостного и разрушения для материала винта. В случае конфигурации 2 (с угловым имплантатом), распределение очагов напряжений в значительной мере зависит от направления приложения окклюзионной нагрузки. Значения, полученные при приложении нагрузки, направленной под углом в 45° (265 МПа)



А Б

Рис. 2. Разбиение расчетной области на конечные элементы в виде тетраэдров

Fig. 2. Partitioning the computational domain into finite elements in the form of tetrahedra

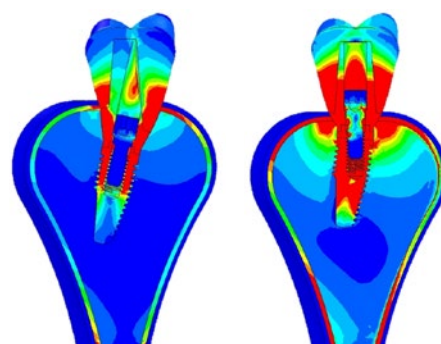


А Б

Рис. 3. Локация максимального напряжения при соосной нагрузке

(А) конфигурация с прямым имплантатом (Б) конфигурация с угловым имплантатом

Fig. 3. Location of maximum stress under coaxial load (A) straight implant configuration (B) angled implant configuration



А Б

Рис. 4. Локация максимального напряжения при направленной под углом нагрузке (А) конфигурация с прямым имплантатом (Б) конфигурация с угловым имплантатом

Fig. 4. Location of maximum stress at an angled load (A) straight implant configuration (B) angled implant configuration

являются сопоставимыми с величиной усталостной прочности материала имплантата и могут, потенциально, приводить к повреждению внутренних элементов соединения. Для угловых имплантатов

может существовать «неблагоприятное» направление приложения нагрузки, что может сокращать срок службы изделия.

## Литература/References

1. Aaron Yu-Jen Wu, Jui-Ting Hsu, Lih-Jyh Fuh, Heng-Li Huang. Biomechanical effect of implant design on four implants supporting mandibular full-arch fixed dentures: In vitro test and finite element analysis // Journal of the Formosan Medical Association — 2019. doi: 10.1016/j.jfma. 2020.11.011.
2. Amanda Robau Porrua, Yoan Pérez Rodríguez, Laura M. Soris Rodríguez, Osmel Pérez Acostab, Jesús E. Gonzálezc The effect of diameter, length and elastic modulus of a dental implant on stress and strain levels in peri-implant bone: a 3D finite element analysis // Bio-Medical — Materials and Engineering. — 2020. DOI: 10.3233/bme-191073.
3. Daniel Augusto de Faria Almeida, Eduardo Piza Pellizzer, Fellippo Ramos Verri, Joel Ferreira Santiago, Paulo Sérgio Perri de Carvalho Influence of tapered and external hexagon connections on bone stresses around tilted dental implants: three-dimensional finite element method with statistical analysis // Journal of Periodontology. — 2014;85 (2):261–269. doi: 10.1902/jop. 2013.120713.
4. Edmundo José Moreira de Melo, Jr, MD, MS, DDSa and Carlos Eduardo Francischone, PhD. Three-dimensional finite element analysis of two angled narrow-diameter implant designs for an all-on-4 prosthesis // The journal of prosthetic dentistry. — 2019. doi: 10.1016/j. prosdent. 2019.09.015.
5. Elias D. M., Valerio C. S., de Oliveira D. D., Manzi F. R., Zenóbio E. G., Seradarian P. I. Evaluation of Different Heights of Prosthetic Crowns Supported // Ultra-Short Implant Using Three-Dimensional Finite Element Analysis. — 2020;33:81–90. doi: 10.11607/ijp. 6247.
6. Iglesia M. A. Anteriorly Tilted Implants in Maxillary Tuberosity: Avoiding the Maxillary Sinus // CPOI. — 2012;3 (1):6–16. Corpus ID: 137889837
7. Jingxiao Zhong, Massimiliano Guazzato, Junning Chen, Zhongpu Zhang, Guangyong Sun, Xintao Huo, Xinglong Liu, Rohana Ahmad, Qing Li. Effect of different implant configurations on biomechanical behavior of full-arch implant-supported mandibular monolithic zirconia fixed prostheses // Journal Pre-proof. — 2019. doi: 10.1016/j. jmbbm. 2019.103490.
8. João-Paulo-Mendes Tribst, Vinicius-Aneas Rodrigues, Amanda-Maria-de Oliveira Dal Piva, Alexandre-Luiz-Souto Borges, Renato-Sussumu Nishioka. The importance of correct implants positioning and masticatory load direction on a fixed prosthesis // Journal section: Biomaterials and Bioengineering in Dentistry. — 2017: e81. doi: 10.4317/jced. 54489.
9. Kaleli N., Sarac D., Külünk S., Öztürk Ö. Effect of different restorative crown and customized abutment materials on stress distribution in single implants and peripheral bone: A three-dimensional finite element analysis study // J Prosthet Dent. — 2018;119 (3):437–445. doi: 10.1016/j. prosdent. 2017.03.008.
10. Krishna Chaitanya Kanneganti, Dileep Nag Vinmakota, Srinivas Rao Pottem, Mahesh Pulagam. Comparative effect of implant-abutment connections, abutment angulations, and screw lengths on preloaded abutment screw using three-dimensional finite element analysis: An in vitro study // The Journal of Indian Prosthodontic Society. — 2018:161. doi: 10.4103/jips. jips. 219\_17.
11. Ricomini Filho A. P., Fernandes F. S., Straioto F. G., da Silva W. J., Del Bel Cury A. A. Preload loss and bacterial penetration on different implant-abutment connection systems // Braz Dent J. — 2010;21:123–129. doi: 10.1590/s0103-64402010000200006.
12. Shima Aalaei, Zahra Rajabi Naraki, Fatemeh Nematollahi, Elaheh Beyabanaki, Afsaneh Shahrokhi Rad. Stress distribution pattern of screw-retained restorations with segmented vs. non-segmented abutments: A finite element analysis // Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects. — 2017. doi: 10.15171/joddd. 2017.027.
13. Yang Y. Z., Tian X. H., Zhou Y. M. Effect of zirconia abutment angulation on stress distribution in the abutment and the bone around implant: a finite element study // Shanghai Kou Qiang Yi Xue. — 2015;24 (4):447–450. PMID: 26383569.
14. Олесова В. Н., Дубинский С. И., Бронштейн Д. А., Магамедханов Ю. М., Кашченко П. В., Юффа Е. П. Сравнительное математическое моделирование прочностных и деформационных параметров металлокерамических коронок с винтовой и цементной фиксации к имплантатам. Кубанский научный и медицинский вестник. 2013;6:141. [V. N. Olesova, S. I. Dubinsky, D. A. Bronstein, Yu. M. Magamedkhanov, P. V. Kashchenko, E. P. Yuffa Comparative mathematical modeling of strength and deformation parameters of metal-ceramic crowns with screw and cement fixation to implants. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2013;6:141. (In Russ.)]. eLIBRARY ID:20311722
15. Дубова Л. В., Малик М. В., Серикова Ю. С. Изучение напряженно-деформационного состояния различных материалов временных ортопедических конструкций с опорой на изоэластичные имплантаты из полиэфирэфиркетона методом конечных элементов. Современная стоматология. Сборник научных трудов, посвященный 125-летию основателя кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессора Исаака Михайловича Оксмана. Казань. 2017:124–129. [L. V. Dubova, M. V. Malik, Yu. S. Serikova. The study of the stress-strain state of various materials of temporary orthopedic structures based on isoelastic implants made of polyetheretherketone using the finite element method. Modern dentistry. Collection of scientific papers dedicated to the 125th anniversary of the founder of the Department of Orthopedic Dentistry of KSMU Professor Isaak Mikhailovich Oksman. Kazan. 2017:124–129. (In Russ.)]. eLIBRARY ID:30020429
16. Гришин П. О., Салеев Р. А., Ксембаев С. С. и др. Конечно-элементный анализ имплантатов системы Humana dental с инновационной поверхностью и дизайном резьбы для выявления распределения напряжений в имплантате, костной ткани и в соединении абатмент — имплантат — кость. Проблемы стоматологии. 2022;18 (1):99–107. [P. O. Grishin, R. A. Saleev, S. S. Ksembaev. Finite element analysis of Humana dental system implants with an innovative surface and thread design to detect stress distribution in the implant, bone tissue and in the abutment-implant-bone connection. Actual problems in dentistry. 2022;18 (1):99–107. (In Russ.)]. DOI 10.18481/20 77-7566-22-18-1-99-107.
17. Мурашов М., Шорстов Я., Вентер И. Использование транскуловых и угловых имплантатов при реабилитации пациентов с атрофией челюстных костей. Цифровая стоматология. 2018;8 (1):95–99. [M. Murashov, Ya. Shorstov, I. Venter. The use of transzygomatic and angled implants in the rehabilitation of patients with atrophy of the jaw bones. Digital Dentistry. 2018;8 (1):95–99. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 39198917.
18. Чумаченко Е. Н., Арутюнов С. Д., Воложин А. И., Ибрагимов Т. И., Лебеденко И. Ю., Мальгинов Н. Н., Янушевич О. О., Левин Г. Г., Лосев Ф. Ф., Олесова В. Н. Создание научных основ, разработка и внедрение в клиническую практику компьютерного моделирования лечебных технологий и прогнозов реабилитации больных с челюстно-лицевыми дефектами и стоматологическими заболеваниями. Москва. 2010. [E. N. Chumachenko, S. D. Arutyunov, A. I. Volozhin, T. I. Ibragimov, I. Yu. Lebedenko, N. N. Malginov, O. O. Yanushevich, G. G. Levin, F. F. Losev, V. N. Olesova. Creation of scientific bases, development and introduction into clinical practice of computer modeling of medical technologies and forecasts of rehabilitation of patients with maxillofacial defects and dental diseases. Moscow. 2010. (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 22007467.
19. Bilhan H. An alternative method to treat a case with severe maxillary atrophy by the use of angled implants instead of complicated augmentation procedures: a case report // Journal of Oral Implantology. — 2008;34 (1):47–51. doi: 10.1563/1548-1336 (2008) 34 [47: AAMTTA] 2.0. CO;2.
20. Edmundo José Moreira de Melo, Jr, MD, MS, DDSa, Carlos Eduardo Francischone, PhD. Three-dimensional finite element analysis of two angled narrow-diameter implant designs for an all-on-4 prosthesis // The journal of prosthetic dentistry. — 2019. doi: 10.1016/j. prosdent. 2019.09.015.