

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

Гветадзе Р.Ш., Тимофеев Д.Е., Бутова В.Г., Жеребцов А.Ю., Андреева С.Н.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТОМАТОЛОГИИФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии»
Минздрава России, 119991, Москва

Разработка новых материалов и аддитивных технологий является новым научным направлением в стоматологии. Востребованность технологий обусловлена высоким качеством изготовления зубных протезов и реставраций: эстетичностью, полным контролем толщины и пространства, геометрической точностью размеров ответственных конструкторско-технологических элементов и формы изделия. Аддитивные цифровые технологии снижают расход материалов, уменьшают количество необходимого персонала и существенно сокращают сроки передачи информации от пациента зубному технику и сроки изготовления протезов. Врачи-стоматологи должны быть осведомлены о спектре возможностей, предоставляемых цифровыми технологиями, чтобы обеспечить клиенту ориентированный подход к каждой клинической ситуации. Своевременная подготовка специалистов, в полной мере владеющих цифровыми технологиями, является важным условием обеспечения качества стоматологической ортопедической помощи.

Ключевые слова: аддитивные цифровые системы и технологии; ортопедическая стоматология.

Для цитирования: Гветадзе Р.Ш., Тимофеев Д.Е., Бутова В.Г., Жеребцов А.Ю., Андреева С.Н. Цифровые технологии в стоматологии. Российский стоматологический журнал. 2018; 22 (5): 224-228 <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-5-224-228>

Gvetadze R.S., Timofeev D.E., Butova V.G., Jerebcov A.Yu., Andreeva S.N.

ADDITIVE DIGITAL TECHNOLOGIES IN DENTISTRY

Central research Institute of dentistry and maxillofacial surgery, 119991, Moscow, Russia

More than 70 digital systems are represented on the market of dental equipment, 13 of them are in Russia. Therefore, dentists should be aware of the range of digital technologies and their capabilities to provide a client-oriented approach to each clinical situation. Timely training of specialists, fully owning digital technologies, is an important condition for ensuring the quality of dental care.

Key words: additive digital systems and technologies; dentistry.

For citation: Gvetadze R.S., Timofeev D.E., Butova V.G., Jerebcov A.Yu., Andreeva S.N. Additive digital technologies in dentistry. Rossiyskii stomatologicheskii zhurnal. 2018; 22(5): 224-228 <http://dx.doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-5-224-228>

For correspondence: Butova Valentina Gavrilovna, Dr. med. Sci., Professor, E-mail: butova49@rambler.ru.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received 30.08.18

Accepted 16.09.18

Стремительное развитие стоматологической промышленности во всем мире далеко опережает сегодня другие разделы медицины. Настоящий прорыв в стоматологии инициировали цифровые технологии, которые широко используются на всех этапах ортопедического лечения, а самыми распространенными среди них являются CAD/CAM-системы (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) [1–6].

Благодаря высокому темпу развития компьютерных технологий с каждым годом появляются всё новые возможности применения автоматизированных систем в стоматологии. Сегодня практически все ведущие мировые производители стоматологического оборудования готовы предложить собственную CAD/CAM-систему [7–10]. Область применения стоматологических CAD/CAM-систем не ограничивается одним только изготовлением зубных протезов. Так, разработано несколько CAD/CAM-систем для применения в хирургической практике. Например,

система SURGI GUIDE (MATERIALISE, Бельгия) используется для изготовления индивидуальных хирургических шаблонов, облегчающих правильное расположение зубных имплантатов во время операции. CAD/CAM-система NOBELGUIDESoftware (NOBELBIOCARE, SWEDEN) позволяет изготовить реставрацию непосредственно после установки имплантата. Обе системы используют данные, полученные методом компьютерной томографии, специальное программное обеспечение CAD, чтобы определить идеальное размещение реставрации, и технологии CAM для производства шаблонов или рабочих моделей [11–14].

CAD/CAM-системы подразделяются на открытые и закрытые. Под открытой принято понимать систему, допускающую замену любого из её модулей на аналогичный модуль другого производителя, а её интеграция с другими системами осуществляется без особых проблем. Открытость можно рассматривать на разных уровнях иерархии программного и аппаратного обеспечения системы или её составных частей. В некоторых случаях под открытостью системы подразумевают её соответствие современным промышлен-

Для корреспонденции: Бутова Валентина Гавриловна, д-р мед. наук, профессор, E-mail: butova49@rambler.ru.

ленным стандартам, обеспечивающее возможность интеграции с другими открытыми системами.

Также системы подразделяются на врачебные и зуботехнические по методу получения оптического сканирования. Во врачебных системах проводится интраоральное сканирование с последующей передачей информации в виде цифрового файла. В зуботехнических системах сканирование проводится с гипсовых моделей [15].

CAD/CAM-технологии разделяются по методу изготовления на субтрактивные методы – методы вычитания, и аддитивные методы – методы добавления. Субтрактивные методы используют процессы фрезерования и шлифования с целью удаления излишков конструкционного материала и создания заданной формы протеза. Данный принцип получения протеза и дал название методу – «отнимающий метод» (англ. *subtractive*).

К аддитивным методам относятся: стереолитография, 3D-печать, селективное лазерное спекание и прямая инъекционная печать [16]. Эти методы производства являются альтернативой субтрактивным методам и называются «добавляющими» (англ. *additive*).

Аддитивное производство, называемое 3D-печатью или фаббер-технологиями, именуемые также технологиями быстрого прототипирования (*Rapid rototyping*) или трехмерной печати, основаны на автоматическом преобразовании электронных CAD-моделей в твердотельные физические объекты с помощью так называемых фабберов – специальных цифровых устройств механической обработки. 3D-печать в настоящее время значительно более эффективна при создании металлических элементов съёмных протезов [17]. Кроме того, 3D-печать подходит для изготовления более массивных деталей и конструкций (например, лицевого протеза и скелетных моделей), что недоступно CAD/CAM-методам, которые более подходят для производства небольших деталей. Аддитивное производство также позволяет делать заготовки из материалов различной консистенции и свойств [18]. В России единой классификации аддитивных технологий пока не существует, и методы разделяют по применяемым материалам, по наличию или отсутствию лазера, по способам формирования слоя, подвода энергии и т. д.

При аддитивном методе производства применяют две принципиальные технологии – лазерную и струйную.

Лазерные технологии

- лазерная печать, когда ультрафиолетовый лазер постепенно засвечивает жидкий фотополимер либо фотополимер засвечивается ультрафиолетовой лампой через фотошаблон, меняющийся с новым слоем. При этом он затвердевает и превращается в достаточно прочный пластик;

- лазерное спекание, при котором лазер выжигает в порошке из легкосплавного пластика слой за слоем контур будущей детали. После этого лишний порошок стряхивается с готовой детали;

- ламинирование, когда деталь создаётся из большого количества слоёв рабочего материала, которые постепенно накладываются друг на друга и склеива-

ются, при этом лазер вырезает в каждом контуре сечения будущей детали.

Струйные технологии

- застывание материала при охлаждении, когда раздаточная головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика, капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слои будущего объекта;

- склеивание или спекание порошкообразного материала, по своей сути то же самое, что и лазерное спекание, только порошок склеивается клеящим веществом, поступающим из специальной струйной головки, при этом можно воспроизвести окраску детали, используя связующее вещество различных цветов [19].

Первый лазер был сконструирован в 1960 г. Майманом и не имел никакого отношения к медицине. В качестве рабочего тела использовался рубин, генерирующий красный луч интенсивного света. В 1964 г. Голдман предложил использовать лазер в области стоматологии, в частности, для лечения кариеса. Для безопасной работы в полости рта позже стали применяться импульсные лазеры. С накоплением практических знаний был открыт анестезирующий эффект этого аппарата. В 1968 г. CO₂-лазер впервые использовался для проведения хирургии мягких тканей.

Стоматологические лазеры с каждым годом получают всё большее распространение в современной стоматологии, эндодонтии, пародонтологии, хирургии, ортодонтии, имплантологии, вытесняя традиционные методы работы скальпелем, электрохирургическими и другими инструментами, а также медикаментозные методы лечения инфекций, вследствие очень высокой клинической эффективности и простоты использования. Применение лазеров в стоматологии открывает новые возможности, позволяя врачу-стоматологу предложить пациенту широкий спектр минимально инвазивных и фактически безболезненных процедур, отвечающих высочайшим клиническим стандартам оказания стоматологической помощи.

Технология моделирования методом послойного наплавления (*Fused Deposition Modeling*, или *FDM*) была изобретена Скоттом Крампом (*S. Scott Crump*), который в 1988 г. запатентовал метод 3D-струйной печати.

Метод послойного наплавления создаёт трёхмерные формы не с помощью лазерного луча, а с помощью выдавливания струи нагретого жидкого пластика. Следующим этапом развития 3D-прототипирования стало появление в 2000 г. технологии фотополимерной струйной печати *Poly Jet*. Суть её заключается в том, что головка принтера наносит послойно слой фотополимера, который затвердевает под действием ультрафиолета.

Вначале технология создания трёхмерных объектов называлась быстрым прототипированием. Выражение «3D-печать» было предложено Джимом Бредтом и Тимом Андерсоном в 1995 г., когда они модифицировали плоский струйный принтер так, что он выводил изображения не на бумагу, а в специальную емкость и делал их объёмными [20].

Одним из способов быстрого прототипирования, используемым в стоматологии, является лазерная стереолитография. Термин «стереолитография» введен в 1986 г. Чарльзом В. Халлом, запатентовавшим метод и аппарат для производства твердых физических объектов за счёт последовательного наложения фотополимерного материала. Метод основан на фотоинициированной лазерным излучением полимеризации фотополимеризующейся композиции (ФПК). С помощью этой технологии спроектированный на компьютере трёхмерный объект синтезируется из жидкой ФПК последовательными тонкими (0,05—0,2 мм) слоями, формируемыми под действием лазерного излучения на подвижной платформе [21, 22]. Как правило, процессор формирования горизонтальных сечений предварительно преобразовывает описание 3D-модели будущего объекта из формата STL-файла в совокупность послойных сечений с требуемым шагом по высоте, массив которых записывается в исполнительный файл с расширением SLI. Данный файл представляет собой набор двумерных векторных данных, обеспечивающих последовательное управление ориентацией луча лазера посредством зеркал в процессе синтеза объекта, команды на включение лазера, перемещение платформы и т. д. [23—25]. Далее включается лазер, воздействующий на те участки полимера, которые соответствуют стенкам целевого объекта, вызывая их затвердевание. После этого вся платформа погружается чуть глубже, на величину, равную толщине слоя. Также в этот момент специальная щетка орошает участки, которые могли остаться сухими вследствие некоторого поверхностного натяжения жидкости. По завершению построения объект погружают в ванну со специальными составами для удаления излишков и очистки. И, наконец, финальное облучение мощным ультрафиолетовым светом для окончательного отвердевания. Как и многие другие методы 3D-прототипирования, SLA требует возведения поддерживающих структур, которые вручную удаляются по завершении строительства [26].

Процесс 3D-печати позволяет экономить значительные средства, а также существенно повышать качество хирургических операций, таких как дентальная имплантация. Помимо создания протезов, коронок, мостов с помощью 3D-печати есть возможность изготовления элайнеров для ортодонтического лечения. Для этого производится сканирование зубов, а на основании его происходит 3D-моделирование и последующая печать элайнеров [27, 28].

Лазерная стереолитография позволяет в кратчайшие сроки (от нескольких часов до нескольких дней) пройти путь от конструкторской или дизайнерской идеи до готовой модели детали. Избирательное лазерное спекание — одна из технологий, которые используются для изготовления керамических или металлических зубных реставраций. Примером могут служить стоматологические системы Medifactory (BegoMedical AG, Германия) и DigiDent (Hint-ELs, Германия). При этом методе компьютер просчитывает траекторию движения инструмента, как и в других существующих CAD/CAM-системах. Однако система не сошлифовывает, а спекает лучом лазера слой мате-

риала, двигаясь по заданной траектории внутри емкости, заполняемой послойно керамическим или металлическим порошком. Каждый последующий слой спаивается с предыдущим [31]. В стоматологии стереолитография нашла своё применение в ортопедии, ортодонтии, имплантологии и челюстно-лицевой хирургии [30—35].

Таким образом, цифровые технологии в настоящее время развиваются и совершенствуются, обеспечивая врачей-стоматологов новыми более эффективными возможностями для лечения пациентов. Востребованность технологий обусловлена высоким качеством изготовления зубных протезов и реставраций: эстетичностью, полным контролем толщины и пространства, геометрической точностью размеров ответственных конструкторско-технологических элементов и формы изделия. Кроме того, аддитивные цифровые технологии снижают расход материалов, уменьшают количество необходимого персонала и существенно сокращают сроки передачи информации от пациента зубному технику и сроки изготовления протезов. Сохранение данных в цифровом формате позволяет повторно воспроизвести протез в случае поломки. Разработка новых материалов и аддитивных технологий является новым научным направлением в стоматологии. Врачи-стоматологи должны быть осведомлены о спектре возможностей, предоставляемых цифровыми технологиями. Своевременная подготовка специалистов, в полной мере владеющих цифровыми технологиями, программным обеспечением, является важным условием обеспечения качества стоматологической помощи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баршев М.А., Михаськов С.В. Современные CAD/CAM-технологии для стоматологии. *Стоматология*. 2011; 2: 71–3.
2. Ряховский А.Н. Цифровая стоматология. М. ООО «Авантис». 2010; 282.
3. Цаликова Н.А., Дзгоева М.Г., Фарниева О.А. Компьютерные технологии в ортопедической стоматологии. *Владикавказский медико-биологический вестник*. 2013; 16(24-25): 98–103.
4. CAD/CAM-технология при проектировании и изготовлении зубопротезных конструкций. 2016. <http://dentazone.ru/protezirovaniye/vidy-uhod/tehnologiya-cad-cam.html>.
5. Santos G., Boksman L., Santos M. CAD/CAM- technology and esthetic dentistry: a case report. *Compend. Contin. Educ. Dent.* 2013; 34(10): 764–8.
6. Werner H., Mörmann W.H., Tinshert J. State of the Art of CAD/CAM Restorations. 20 years of CEREC CAD/CAM - Systems and Materials. *Dental Lab*. 2006; 3: 139 – 44.
7. Ибрагимов Т.И., Цаликова Н.А. Современные компьютерные технологии в ортопедической стоматологии: состояние и перспективы. *Вестник ДГМА*. 2013; 3(8): 57–9.
8. Ханахмедов В.А. Уникальная технология CAD-CAM систем в ортопедической стоматологии для изготовления каркасов несъемных зубных протезов. Анализ различных CAD-CAM систем. *Bulletin of Medical Interne Conferences* (ISSN 2224-6150). 2018; 8: 46–7.
9. Cohen A. Цифровые технологии будущее стоматологии. Зубной техник. 2014; 5:40-42.[Cohen A. Digital technology and the future of dentistry. *Dental technician*. 2014; 5: 40–2.
10. Witkowski S. CAD/CAM in dental technology. *Quintessence Dent. Technol.* 2005; 28:169-184.
11. Bidra A.S., Taylor T.D., Agar J.R. Computer-aided technology

- for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J. Prosthetic Dent.* 2013; 109(6): 361–6.
12. Srinivasan M. CAD/CAM milled removable complete dentures: an in vitro evaluation of trueness. *Clin. Oral Investigations.* 2017; 21(6): 207–19.
 13. Rajaa M.M., Farzaneh F.F. Computer-Based Technologies in Dentistry: Types and Applications. *J. Dent. Tehran Univ. Med. Sci.* 2016; 13(3): 215–22.
 14. Mendonça A.F. Total CAD/CAM Supported Method for Manufacturing Removable Complete Dentures. *Case Reports in Dentistry.* 2016. <https://www.hindawi.com/journals/crid/2016/1259581/>. – Date of access: 15.09.2017.
 15. Наумович С.С., Разоренов А.Н. CAD/CAM системы в стоматологии: современное состояние и перспективы развития. *Современная стоматология.* 2016; 4 (65): 2–9.
 16. Swain M.V., Coldea A., Bilkhair A., Guess P.C. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dental Materials.* 2016; 1(32): 34–42.
 17. Alifui-Segbaya F., Williams R.J., George R. Additive Manufacturing: A Novel Method for Fabricating CobaltChromium Removable Partial Denture Frameworks. *Eur. J. Prosth. Rest. Dent.* 2017; 25(2). http://www.ejprd.org/view.php?article_id=876&journal_id=114. – Date of access: 13.08.2017.
 18. Abduo J., Lyons K., Bennamoun M. Trends in Computer-Aided Manufacturing in Prosthodontics: A Review of the Available Streams. *Int. J. Dent.* 2014. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/783948>. – Date of access: 19.09.2017.
 19. Фаббер-технологии. Сайт Отличники.ru [Faber technology. The Website Otlichnyici.ru (in Russian)]. <http://www.otlichnici.ru/index.php?id=212>.
 20. Additive manufacturing: opportunities and constraints, Royal Academy of Engineering, May 23, 2013.
 21. Демкин В.Н., Степанов В.А., Шадрин М.В. Системы быстрого прототипирования с лазерным сканированием. Научно-технические ведомости СПб. - ГПУ. *Физико-математические науки.* 2013; 3(177): 136–43.
 22. Малов И.Е., Шиганов И.Н. *Основы послойного синтеза трехмерных объектов методом лазерной стереолитографии: Учеб. пособие.* М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2006.
 23. Александрова В.В., Зайцева А.А., Тыжненко Д.А. Сканирование и редактирование 3D-объекта для прототипирования на 3D-принтере. *Информ.-измер. и упр. системы.* 2013; 11(9): 53–7.
 24. Seitz S.A Combination of Various Technologies in the Fabrication of a Removable Partial Denture - A Case Study. *Texas Dent. J.* 2016; 133(1): 24.
 25. Schwindling F.S., Stober T.A Comparison of two digital techniques for the fabrication of complete removable dental prostheses: A pilot clinical study. *J. Prosth. Dent.* 2016; 116(5): 756–63.
 26. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. *Аддитивные технологии в машиностроении.* Санкт-Петербург: Изд-во политех. универ. 2013; 87 – 96.
 27. Полховский Д.М. *Применение компьютерных технологий в стоматологии. Часть 2. Лекции кафедры ортопедической стоматологии БГМУ.* 2012. <https://stomport.ru/articles/primenenie-kompyuternyh-tehnologiy-v-stomatologii-chast-2>.
 28. 3D-принтеры. Сайт top3d - shop.ru [3d-printers. top3dshop.ru/for-stomatology <http://top3dshop.ru/for-stomatology/>].
 29. Слюсар В. Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования (рус.). *Журнал «Электроника: наука, технология, бизнес».* 2003; 5: 54 – 60.
 30. Mou S.H., Chai T., Wang J.S., Shiao Y.Y. Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns. *J. Prosth. Dent.* 2002; 87(3): 248–55.
 31. Ozan O., Turkyilmaz I., Ersoy A.E., Mc Glumphy E.A., Rosenstiel S.F. Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2009; 67(2): 394–401.
 32. Шустова В.А., Шустов М.А. Применение 3d-технологий в ортопедической стоматологии. [<https://speclit.su/image/catalog/978-5-299-00772-5/978-5-299-00772-5.pdf>].
 33. Невзоров А.Ю. Полная адентия: выбор варианта лечения на основе компьютерного моделирования. *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* 2013; 3(2): 230.
 34. Cohen A. Цифровые технологии будущее стоматологии. *Зубной техник.* 2014; 5: 40–2.
 35. Stols K. CAD/CAM в восстановительной стоматологии. *Новое в стоматологии.* 2008; 2: 32 – 42.

REFERENCES

1. Barshev M.A., Mikhas'kov S.V. Modern CAD/CAM technology for dentistry. *Stomatologiya.* 2011; 2: 71–3. (in Russian)
2. Ryakhovskiy A. *Digital dentistry. [Tsifrovaya stomatologiya].* Moscow: "Avantis". 2010. (in Russian)
3. Tsalikova N.A. Dzgoeva M.G., Farnieva O.A. Computer technologies in orthopaedic dentistry. *Vladikavkazskiy mediko-biologicheskii Vestnik.* 2013; 16 (24-25): 98–103. (in Russian)
4. CAD / CAM technology in the design and manufacture of denture structures. 2016 [<http://dentazone.ru/protezirovanie/vidy-uhod/tehnologiya-cad-cam.html>].
5. Santos G., Boksmann L., Santos M. CAD/CAM technology and esthetic dentistry: a case report. *Compend. Contin. Educ. Dent.* 2013; 34(10): 764–8.
6. Werner H., Mörmann W.H., Tinsert J. State of the Art of CAD/CAM Restorations. 20 years of CEREC CAD/CAM Systems and Materials. *Dental Lab.* 2006; 3:139 – 144.
7. Ibragimov T.I., Tsalikova N.A. Modern computer technologies in dentistry: state and prospects. *Vestnik DGMA.* 2013; 3 (8): 57–9. (in Russian)
8. Khanakhmedov V.A. the Unique technology of CAD/CAM systems in prosthetic dentistry for the fabrication of frameworks of fixed dental prostheses. Analysis of different CAD-CAM systems. *Bulletin of Medical Internet Conferences* (ISSN 2224-6150). 2018; 8: 46–7. (in Russian).
9. Cohen A. Digital technology and the future of dentistry. *Dental technician.* 2014; 5: 40–42. (in Russian)
10. Witkowski S. CAD/CAM in dental technology. *Quintessence Dent. Technol.* 2005; 28:169–184.
11. Bidra A.S., Taylor T.D., Agar J.R. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J. Prosth. Dent.* 2013; 109(6): 361–6.
12. Srinivasan M. CAD/CAM milled removable complete dentures: an in vitro evaluation of trueness. *Clin. Oral Investig.* 2017; 21(6): 207–19.
13. Rajaa M.M., Farzaneh F.F. Computer-Based Technologies in Dentistry: Types and Applications. *J. Dent. Tehran Univ. Med. Sci.* 2016; 13(3): 215–22.
14. Mendonça A.F. Total CAD/CAM Supported Method for Manufacturing Removable Complete Dentures. *Case Reports in Dentistry.* 2016. [<https://www.hindawi.com/journals/crid/2016/1259581/>]. – Date of access: 15.09.2017].
15. Naumovich S.S., Razorenov A.N. CAD / CAM systems in dentistry: current status and development prospects. *Sovremennaya stomatologiya.* 2016; 4 (65): 2–9. (in Russian)
16. Swain M.V., Coldea A., Bilkhair A., Guess P.C. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dental Materials.* 2016; 1(32): 34–42.
17. Alifui-Segbaya F., Williams R.J., George R. Additive Manufacturing: A Novel Method for Fabricating CobaltChromium Removable Partial Denture Frameworks. *Eur. J. Prosth. Rest. Dent.* 2017; 25(2). [http://www.ejprd.org/view.php?article_id=876&journal_id=114]. – Date of access: 13.08.2017].
18. Abduo J., Lyons K., Bennamoun M. Trends in Computer-Aided Manufacturing in Prosthodontics: A Review of the Available Streams. *Int. J. Dent.* [<http://dx.doi.org/10.1155/2014/783948>]. – Date of access: 19.09.2017].
19. Fabber-technology. [The Website Otlichnyici.ru (In Russ)]. [].
20. Additive manufacturing: opportunities and constraints, Royal Academy of Engineering, May 23, 2013.
21. Demkin V.N., Stepanov V.A., Shadrin M.V., Rapid prototyping, laserscanning. Scientific and technical statements of St. Petersburg - HCP. *Phys. Math. Sci.* 2013; 3 (177): 136–43. (in Russian)
22. Malov I.E., Shiganov I.N. *Fundamentals of layer-by-layer synthesis of three-dimensional objects by laser stereolithography: Proc. Handbook. [Osnovy posloynogo sinteza trekhmernykh ob"ektov metodom lazernoy stereolitografii: Ucheb. Posobie].* Moscow: Publishing house of MGTU. N. E. Bauman. 2006; 40. (in Russian)
23. Alexandrov V.V., Zaitsev A.A., Tyzhnenko D.A. Scan and edit a 3D object for prototyping on a 3D printer. *Inform.-izmer. i upr. sistemy.* 2013; 11(9): 53–7. (in Russian)

24. Seitz S.A Combination of Various Technologies in the Fabrication of a Removable Partial Denture - A Case Study. *Texas Dent. J.* 2016; 133(1): 24.
25. Schwindling F.S., Stober T.A Comparison of two digital techniques for the fabrication of complete removable dental prostheses: A pilot clinical study. *J. Prosth. Dent.* 2016; 116(5): 756–63.
26. Zlenko M.A., Popovich A.A., Mutilin I.N. *Additive technologies in mechanical engineering. [Additivnye tekhnologii v mashinostroenii]*. St. Petersburg publishing house of the Polytechnic University. 2013; 87 – 96. (in Russian)
27. Polkhovsky D.M. *Application of computer technologies in dentistry. Part 2. Lectures of the Department of orthopaedic dentistry BSMU. [Primenenie komp'yuternykh tekhnologiy v stomatologii. Chast' 2. Lektsii kafedry ortopedicheskoy stomatologii BGMU]*. 2012. [<https://stomport.ru/articles/primenenie-kompyuternyh-tehnologiy-v-stomatologii.-chast-2>]. (in Russian)
28. 3d-printers_top3dshop.ru/for-stomatology [<http://top3dshop.ru/for-stomatology/>]. (in Russian)
29. Slusar V. Fabber-technologies. New three-dimensional modeling tool (Rus.). *Zhurnal "Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes"*. 2003; 5: 54–60. (in Russian)
30. Mou S.H., Chai T., Wang J.S., Shiau Y.Y. Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns. *J. Prosth. Dent.* 2002; 87(3): 248–55.
31. Ozan O., Turkyilmaz I., Ersoy A.E., Mc Glumphy E.A., Rosenstiel S.F. Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *J. Oral Maxillofacial. Surg.* 2009; 67(2): 394–401.
32. Shustova V.A., Shustov M.A. *Application of 3d-technologies in prosthetic dentistry. [Primenenie 3d-tekhnologiy v ortopedicheskoy stomatologii]*. [<https://speclit.su/image/catalog/978-5-299-00772-5/978-5-299-00772-5.pdf>]. (in Russian)
33. Nevzorov A.Yu. Fully edentulous: the choice of treatment option on the basis of computer simulation. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsiy.* 2013; 3(2): 230. (in Russian)
34. Cohen A. Digital technology and the future of dentistry. *Zubnoy tekhn.* 2014; 5: 40–2. (in Russian)
35. Stols K. CAD/CAM in restorative dentistry. *Novoe v stomatologii.* 2008; 2: 32–42. (in Russian)

Поступила 30.08.18

Принята в печать 16.09.18