

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

© ИСКЕНДЕРОВ Р.М., 2016

УДК 614.2:616:314

*Искендеров Р.М.*

## ПРИМЕНЕНИЕ CAD/CAM-ТЕХНОЛОГИЙ В ЗУБОТЕХНИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Научно-методический отдел ФГБУ «Центральный НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава России, 127994, Москва

*В данной статье представлен обзор литературных данных, освещающих аспекты применения CAD/CAM-технологий в зуботехнических лабораториях.*

**Ключевые слова:** *зуботехническая лаборатория; CAD/CAM-технологии; конструкции; материалы.*

**Для цитирования:** *Искендеров Р.М. Применение CAD/CAM технологий в зуботехнической лаборатории. Российский стоматологический журнал. 2016; 20 (1): 52-56. DOI 10.18821/1728-2802 2016; 20 (1): 52-56*

*Iskenderov R.M.*

### THE USE OF CAD/CAM TECHNOLOGY IN DENTAL LABORATORIES

Scientific-methodical Department «Central research Institute of dentistry and maxillofacial surgery» Ministry of health of Russia, 127994, Moscow

*This article provides an overview of the literature data, covering aspects of CAD/CAM technology in dental laboratories.*

**Keywords:** *dental laboratory; CAD/CAM technology; construction; materials.*

**For citation:** *Iskenderov R.M. The use of cad/cam technology in dental laboratories. Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal. 2016; 20 (1): 52-56. DOI 10.18821/1728-2802 2016; 20 (1): 52-56*

**For correspondence:** *Iskenderov Ramil' Mazakhirovich, graduate Scientific-methodical Department «Central research Institute of dentistry and maxillofacial surgery» Ministry of health of Russia, E-mail: kis12@inbox.ru*

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

**Funding.** The study had no sponsorship.

Received 30.11.15

Accepted 28.12.15

Особое значение в организации стоматологической службы имеет зуботехническая лаборатория, являющаяся структурной единицей стоматологической поликлиники. Организации и совершенствованию деятельности зуботехнических лабораторий посвятили свои работы некоторые отечественные авторы [1–5]. Многие из них сошлись во мнении о том, что материально-техническое обеспечение лабораторий является ключевым аспектом в определении перспектив развития зуботехнического дела. О стандарте оснащения стоматологической (зуботехнической) лаборатории в медицинских организациях, оказывающих амбулаторную медицинскую помощь, говорится в приказе Минздравсоцразвития «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при стоматологических заболеваниях от № 1496н от 07.12.2011»<sup>1</sup>. Стандарт оснащения ортодонтической зуботехнической лаборатории регламентирован приказом Минздрава России от 13.11.12 № 910н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи детям со стоматологическими заболеваниями»<sup>2</sup>.

В современных условиях с появлением новых технологий, материалов и оборудования к зуботехническим лабораториям стали предъявлять особые требования, связанные с качеством изготавливаемых конструкций, способами и сроками их производства. Решить проблему противоречия, возникающего вследствие попытки повышения качества и снижения затрат (временных и материальных) в процессе проектирования и производства сложных комплексов объектов, возможно только с помощью автоматизирования процессов.

Согласно определению, приведенному в ГОСТе 34.003-90, система автоматизированного проектирования (САПР) – это вид автоматизированной системы, реализующей информационную технологию выполнения функций проектирования<sup>2</sup>. Широкое распространение в качестве средства автоматизирования получили CAD/CAM-системы. Термин CAD/CAM представляет собой две аббревиатуры от английского Computer Aided Design и Computer Aided Manufacturing. Понятие CAD подразумевает проектирование объектов с помощью компьютерных технологий. Термином САМ обозна-

<sup>1</sup> Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи детям со стоматологическими заболеваниями: приказ Минздрава России от 13.11.2012 № 910н. Консультант плюс. – Available at: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=LAW;n=184649;fld=134;dst=1000000001,0;rnd=0.8524682270362973>.

<sup>2</sup> ГОСТ 34.003-90 Государственный стандарт Союза ССР. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. Издательство стандартов. М., 1991: 105–127.

**Для корреспонденции:** *Искендеров Рамиль Мазахирович, аспирант научно-методического отдела ФГБУ Центральный НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава России. E-mail: kis12@inbox.ru*

чают автоматизированную систему технологической подготовки производства изделий.

Первые разработки автоматизированных систем для стоматологии начались еще в 1970-х годах. Однако появление первых прототипов стоматологических CAD/CAM-систем пришлось на середину 1980-х годов [6]. На Международном конгрессе Французской ассоциации стоматологов в 1985 г. F. Duret продемонстрировал свое изобретение, а уже в 1987 г. был выпущен на рынок первый созданный им совместно с фирмой Hennson International стоматологический аппарат CAD/CAM под наименованием «Duret System» [7]. Наряду с F. Duret первооткрывателями в данной области по праву считают ученых M. Andersson (система ProCERA), W.H. Moermann и M. Brandestini (система CEREC), E.D. Rekow (система DentiCAD) [8].

Применение CAD/CAM-технологий в зуботехнических лабораториях дает возможность автоматизировать этапы производства, сокращая объемы трудоемких ручных манипуляций, что позволяет оптимизировать рабочее время и повысить производительность труда зубного техника [9]. По мнению Н.А. Цаликовой, автоматизированные системы «... дают возможность стандартизации и унифицирования производимых в зуботехнической лаборатории манипуляций и используемых конструктивных материалов» [10].

На начальном этапе лабораторной работы зубному технику необходимо получить информацию о клинической ситуации в полости рта пациента с целью изготовления диагностических и рабочих моделей для дальнейшего планирования и производства конструкции. Данную информацию можно получить несколькими способами. Традиционно отображение состояния твердых тканей зубов, пародонта и мягких тканей полости рта происходит путем снятия оттисков врачом-стоматологом на клиническом этапе лечения. Далее оттиск передается в лабораторию, где техником отливаются модели из гипса. Применение цифровых технологий в стоматологической практике позволяет изменить процедуру сбора информации из полости рта пациента, используя технологию сканирования. По способу использования стоматологические сканеры подразделяются на внутриротовые и внеротовые. Процедура внутриротового сканирования проводится врачом-стоматологом непосредственно в полости рта пациента. Появление первого внутриротового сканера связано с именами двух ученых из Швейцарии – врача-стоматолога W.H. Mörmann и инженера-электрика M. Brandestini [11]. Внеротовая методика предполагает предварительное снятие оттисков и изготовление моделей, которые впоследствии сканируются. Таким образом информация, полученная на этапе сканирования, может использоваться специальными компьютерными программами для дальнейшего виртуального моделирования и проектирования конструкции.

Для считывания информации о рельефе поверхности используются различные методы сканирования (оптические, механические). Об основных принципах механического трехмерного сканирования и о применении данного метода в стоматологии писал D.R. Mushabac в 1977 г. [12]. Считывание информации в данном случае осуществляется за счет контакта зонда с рельефом сканируемой поверхности, в результате чего определяются и фиксируются пространственные координаты всех точек контакта. Оптический метод сканирования в отличие от механического является бесконтактным. Оптические системы считывания данных в качестве источника излучения используют лазер и некогерентный свет. Еще в 1973 г. B.R. Altshuler, изучавший возможность применения лазерной голографии в стоматологии, начал разработку лазерных устройств для оптического сканирования данных [13].

В случаях использования в качестве источника оптического сканирования некогерентного («нормального») света речь заходит о фотографическом и видеоизображении. Так, E.D. Rekow в 1986 г. описал процедуру стереофотограмметрии, позволявшую получить высокое линейное изображение [14].

Широкое распространение среди оптических систем сканирования приобрели измерители, основанные на технике триангуляции [15]. Об использовании лазерной триангуляции в качестве способа получения трехмерного изображения объекта писали в 1984 г. S. Lelandais и A. Clainchard [16]. Пространственные координаты предмета определяются следующим образом. Луч, подобно указателю, падает на объект сканирования и, преломляясь, отражается от его поверхности под определенным углом, образуя треугольник между источником излучения, объектом и улавливающим детектором. Таким способом можно вычислить расстояние до сканируемого объекта, фиксировать положение точек в пространстве и создать трехмерное изображение. Недостаток такого способа сканирования заключается в том, что световой поток при попадании на прозрачные объекты рассеивается, искажая данные при считывании.

Для решения этой проблемы при получении трехмерного изображения некоторые системы сканирования стали использовать принцип конфокальной микроскопии. В 1957 г. М. Мински получил первый патент на конфокальный микроскоп, однако первые коммерческие 3D-микроскопы появились только к концу 1980-х годов. [17]. Конфокальная микроскопия в сравнении с микроскопами классической схемы обладает значительным контрастом за счет использования специальной диафрагмы, способной фильтровать поток фонового рассеянного света. Источником света в современных приборах служат лазеры, обладающие высокой интенсивностью и монохроматичностью излучения [18].

Преимущества и недостатки внутриротовых и внеротовых способов сканирования, а также технические характеристики различных видов сканеров описаны во многих работах отечественных и зарубежных авторов [19–24].

Следующим лабораторным этапом изготовления конструкции является моделирование. Традиционно моделирование происходит вручную на гипсовой модели с использованием различного рода моделировочных материалов, таких как воск. CAD/CAM-технологии позволяют проектировать конструкции за счет компьютерной математической программы виртуального моделирования. Информационное обеспечение современных специализированных стоматологических CAD/CAM-систем позволяет использовать сведения об анатомической форме зубов, состоянии пародонта, окклюзионных соотношениях при движении нижней челюсти в процессе функционирования, совмещать данные, полученные от различных устройств переноса цифровой информации (виртуальный артикулятор, сканирование лица и т. д.) [25–28]. Такой способ виртуального моделирования открывает новые возможности и перспективы в области планирования и реализации комплексного стоматологического лечения [29, 30].

На этапе производства изделия выбор методики изготовления всегда определялся видом конструкционного материала. Так, для работы с металлическими сплавами традиционно используют литье, штамповку, а для соединения между собой отдельных металлических частей конструкции прибегают к паянию. Работа с керамикой предполагает сложное нанесение фарфоровой массы с поэтапным обжигом и глазурированием, а использование пластмассы в качестве конструкционного материала требует процедуры полимеризации. Применение современных стоматологических CAD/CAM-систем на лабораторном этапе производства позволяет использовать новые технологии обработки конструкционных материалов, отходя от традиционных алгоритмов работы.

Стоматологические CAD/CAM-системы также позволяют использовать ряд современных конструкционных материалов. Так, например, попытки улучшить прочностные и эстетические характеристики керамических изделий привели к появлению на рынке стеклокерамики на основе дисиликата лития, лейцитной керамики, алюмооксидной керамики и, наконец, диоксида циркония [31, 32]. Благодаря своим

прочностным и эстетическим свойствам диоксид циркония применяют для изготовления одиночных коронок, каркасов мостовидных протезов, телескопических коронок, вкладок, штифтовых конструкций, индивидуальных абатментов, имплантатов [33–35]. Широкое применение в стоматологии также нашли титановые конструкции. Сплавы титана используют для изготовления дентальных имплантатов, абатментов, каркасов коронок и мостовидных протезов, балочных конструкций и т. д. [36–38]. Данные виды конструкционных материалов требуют особой методики обработки, осуществляющейся посредством CAD/CAM-систем.

Говоря об автоматизированных системах производства, можно выделить два основных метода – субтрактивный и аддитивный. Изготовление конструкций с помощью CAD/CAM-систем в стоматологии долгое время происходило методом субтракции, подразумевающим удаление (отъем) лишнего материала с целью получения заданной формы изделия. Обработка конструкционного материала в зависимости от его вида может осуществляться различными способами. В стоматологии применяют такие субтрактивные методы, как шлифовка, фрезерование, искровая/ультразвуковая эрозия.

Фрезерование является технологией высокоскоростной механической обработки материала. К. Соломоном было доказано, что тепловыделение при определенных скоростях резания начинает уменьшаться, что сопровождается уменьшением силы резания [39]. С возрастанием скорости резания коэффициент трения уменьшается за счет размягчения обрабатываемого материала в зоне разреза. Ученым была экспериментально определена область высокоскоростной обработки для различных материалов.

Несомненным преимуществом использования данного метода в стоматологии является возможность обрабатывать разные материалы, такие как металл, керамика, пластмасса, композиты, воск. Фрезерование широко применяется в стоматологии для изготовления различных видов съемных, несъемных и комбинированных конструкций как временных, так и постоянных. Об использовании технологии фрезерования в зуботехнической лаборатории писали В.И. Шевченко, Л.С. Захарова, В.Д. Попов [40], Э. Штегер [41], Д. Вахтель [42].

Немецкий специалист Г. Рюбеллинг в 1982 г. внедрил в зубную технику метод искровой эрозии – способ обработки электропроводящих металлических конструкций посредством управляемых электрических импульсов между электродом и заготовкой в присутствии диэлектрика [43, 44]. Поток искр, образующихся в результате этого процесса, направляется на поверхность заготовки, что вызывает эрозию металла. Данный способ позволяет легко обрабатывать стоматологические CrCoMo-сплавы, обладающие исключительной твердостью.

В 1983 г. М. Andersson разработал технологию изготовления титановых каркасов индивидуальных ортопедических конструкций с помощью CAD/CAM-системы методом фрезерования и искроэрозионной обработки [45].

Для обработки керамики используют ультразвуковую эрозию. Керамический блок орошают суспензией твердых абразивных частиц, скорость которых активизируется ультразвуковыми волнами, что способствует удалению материала с поверхности. Применение двух данных методов обработки ограничивается выбором материала.

Аддитивное производство в отличие от субтрактивной методики подразумевает изготовление объекта путем послойного наращивания материала. В мировой практике наряду с понятием «аддитивные технологии» используют термины «3D-печать, быстрое прототипирование». Такие виды аддитивного производства, как селективное лазерное плавление (selective laser melting – SLM) и селективное лазерное спекание (selective laser sintering – SLS) нашли широкое применение в стоматологии. В основе технологии лежит воздействие лазерного

луча высокой мощности на материал, представляющий собой мелкодисперсный металлический порошок, вследствие чего происходит плавление и спекание частичек. Производство конструкции происходит путем многократного нанесения слоев металлического порошка определенной толщины на платформу в соответствии с заданной программой CAD-геометрии с последующим плавлением его частиц лазером.

Лазерная стереолитография является еще одним из способов быстрого прототипирования, использующимся в современной стоматологии. Термин «стереолитография» был придуман Чарльзом В. Халлом в 1986 г. Метод производства объектов основан на послойном нанесении фотополимерного материала (смола) с поэтапной фотополимеризацией слоев лазерным излучением. В стоматологии стереолитография нашла свое применение в ортодонтии, имплантологии и челюстно-лицевой хирургии [46–48]. В зуботехнических лабораториях технологии 3D-печати используются для изготовления рабочих моделей [49].

Таким образом, говоря о применении автоматизированных систем в стоматологии, следует отметить, что совершенствование и повышение эффективности деятельности зуботехнических лабораторий в современных условиях немыслимо без внедрения CAD/CAM-технологий на различных этапах производства.

*Исследование не имело спонсорской поддержки.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Миргазизов М.З., Мартин А.А. Организация зуботехнической лаборатории, требования к помещению и оснащение ее современными новейшими технологиями. *Актуальные проблемы стоматологии. II Всероссийская научно-практическая конференция. (7–19 апреля)*. 1998: 48–51.
2. Кисин Г.Б. *Совершенствование деятельности зуботехнических лабораторий различных форм собственности: Дисс. ... канд. мед. наук*. М.; 2003.
3. Антипова Н.В. *Принципы организации и регулирования деятельности современной ортодонтической зуботехнической лаборатории: Дисс. ... канд. мед. наук*. М.; 2008.
4. Геворкян Э.М. *Медико-правовое обоснование регулирования деятельности зуботехнических лабораторий в современных рыночных условиях: Дисс. ... канд. мед. наук*. М.; 2006.
5. Алимский А.В., Абдуллатипов М.А. Новые подходы к организации работы современных зуботехнических лабораторий – основного звена ортопедической стоматологической службы. *Стоматология для всех*. 2011; 1: 38–40.
6. Torabi K., Farjood E., Hamedani S. Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics, a Review of Literature. *J. Dent. (Shiraz)*. 2015; 16 (1): 1–9.
7. Duret F., Blouin J.L., Duret B. CAD-CAM in dentistry. *J. Am. Dent. Assoc.* 1988; 117 (6): 715–20.
8. *CAD/CAM технологии в стоматологии (сборник статей)*. М.: ООО «Медицинская пресса»; 2011: 216.
9. Bartling M. «Гостья из будущего» – мастерица на все руки, которая работает без выходных. *CAD/CAM технологии в стоматологии (сборник статей)*. М.; 2011: 203–8.
10. Цаликова Н.А. Влияние абразивной обработки на свойства каркасов из тетрагонального диоксида циркония. *Цифровая стоматология*. 2014; 1: 63–8.
11. Mörmann W.H., Brandestini M., Lutz F., Barbakow F. Chair side computer-aided direct ceramic inlays. *Quintessence Int.* 1989; 20 (5): 329–39.
12. Lahl C., Strietzel R.D. Процедура CAD/CAM: основные принципы и историческая справка. *Зубной техник*. 2010; 5: 16–24.
13. Altschuler B.R. Holodontography: an introduction to dental laser holography. *USAF School of Aerospace Medicine*, AD758191, SAMTR-73-4. 1973.
14. Rekow E.D. Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *J. Prosth. Dent.* 1987; 58 (4): 512–6.
15. Демкин В.Н., Степанов В.А., Шадрин М.В. Системы быстро-

- го прототипирования с лазерным сканированием. Научно-технические ведомости СПбГПУ. *Физико-математические науки*. 2013; 3 (177): 136–43.
16. Lelandais S., Clainchard A. Systeme d'aquisition de formes tridimensionnelles. Proceedings of MICAD. *Hermes. Paris*, 1984; (84): 870–84.
  17. Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*. 1988; 10: 128–38.
  18. Штейн Г.И. *Руководство по конфокальной микроскопии*. СПб.: ИИЦ РАН; 2007: 77.
  19. Лощилов К.Е., Сухоруков К.А., Пирогов В.В., Пирогов И.В. Метод создания цифровых 3D-моделей зубов для стоматологического CAD/CAM-комплекса. *14-я конференция «Фотометрия и ее метрологическое обеспечение»: Тезисы докладов*. М.: ВНИИ-ОФИ; 2004: 131–3.
  20. Левин Г.Г., Вишняков Г.Н., Лощилов К.Е., Ибрагимов Т.И., Лебеденко И.Ю., Цаликова Н.А. Современные стоматологические CAD/CAM-системы с интраоральными 3D-профилометрами. *Измерительная техника*. 2010; (2): 52–4.
  21. Ряховский А.Н., Карапетян А.А., Аваков Г.С. Сравнительное исследование различных CAD/CAM-систем для изготовления каркасов несъемных зубных протезов. *Стоматология*. 2011; (2): 57–61.
  22. Костоюкова В.В., Ряховский А. Н., Уханов М.М. Сравнительный обзор внутриворотковых трехмерных цифровых сканеров для ортопедической стоматологии. *Стоматология*. 2014; (1): 53–9.
  23. Reich S., Vollborn T., Mehl A., Zimmermann M. Intraoral optical impression systems – an overview. *Int. J. Comput. Dent.* 2013; 16 (2): 143–62.
  24. Zimmermann M., Mehl A., Mörmann W.H., Reich S. Intraoral scanning systems – a current overview. *Int. J. Comput. Dent.* 2015; 18 (2): 101–29.
  25. Антоник М.М. Возможности и перспективы современных компьютеризированных систем для диагностики и терапии окклюзионных нарушений. *Цифровая стоматология*. 2014; (1): 54–60.
  26. Maffei S., Chikunov S. Digital planning: a modern approach to dentistry, which allows an individual to obtain results, focusing on the patient's appearance. *Tsifrovaya stomatologiya*. 2014; (1): 45-8. (in Russian)
  27. Kollmuss M., Jakob F.M., Kirchner H.G., Ilie N., Hickel R., Huth K.C. Comparison of biogenically reconstructed and waxed-up complete occlusal surfaces with respect to the original tooth morphology. *Clin. Oral Investig.* 2013; 17 (3): 851–7.
  28. Litzenburger A.P., Hickel R., Richter M.J., Mehl A.C., Probst F.A. Fully automatic CAD design of the occlusal morphology of partial crowns compared to dental technicians' design. *Clin. Oral Investig.* 2013; 17 (2): 491–6.
  29. Ряховский А.Н., Полякова М.В. Компьютерное проектирование зубных рядов полных съемных протезов. *Стоматология*. 2011; (2): 65–70.
  30. Ряховский А.Н. Новые возможности планирования и реализации комплексного стоматологического лечения. *Цифровая стоматология*. 2014; (1): 30–4.
  31. Джордано Р.А. Целнокерамические материалы CAD/CAM в сравнении. Клинические исследования. *Зубной техник*. 2013; (2): 74–7.
  32. Luthardt R.G., Holzhüter M., Sandkuhl O., Herold V., Schnapp J.D., Kuhlisch E., Walter M. Reliability and properties of ground Y-TZP-zirconia ceramics. *J. Dent. Res.* 2002; 81 (7): 487–91.
  33. Лебеденко И.Ю., Назарян Р.Г., Романкова Н.В., Максимов Г.В., Вураки Н.К. Сопоставительный анализ современных методов изготовления мостовидных зубных протезов на основе диоксида циркония. *Российский стоматологический журнал*. 2015; (2): 6–9.
  34. Miyazaki T., Nakamura T., Matsumura H., Ban S., Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. *J. Prosthodont. Res.* 2013; 57 (4): 236–61.
  35. Stolz K., Kuhn T., Honnef V. CAD/CAM в восстановительной стоматологии. Полная санация цельнокерамическими реставрациями из оксида циркония. *Новое в стоматологии*. 2008; (2): 32–42.
  36. Turkyilmaz I., Asar N.V. A technique for fabricating a milled titanium complete-arch framework using a new CAD/CAM software and scanner with laser probe. *Tex. Dent. J.* 2013; 130 (7): 586–92.
  37. Reshad M., Cascione D., Aalam A.A. Fabrication of the mandibular implant-supported fixed restoration using CAD/CAM technology: a clinical report. *J. Prosthet. Dent.* 2009; 102 (5): 271–8.
  38. Hamilton A., Judge R.B., Palamara J.E., Evans C. Evaluation of the fit of CAD/CAM abutments. *Int. J. Prosthodont.* 2013; 26 (4): 370–80.
  39. Болотов М.А., Дмитриев В.Н., Проничев Н.Д., Смелов В.Г., Сурков О.С. *Высокоскоростная и высокопроизводительная обработка (режимы, характеристика станков, инструмент): методические указания*. Самара: Издательство: СГАУ; 2007.
  40. Шевченко В.И., Захарова Л.С., Попов В.Д. Фрезерование комбинированных бескламмерных протезов. *Зубной техник*. 2002; (5): 10–2.
  41. Штегер Э. Технология фрезерования ZIRKON. *Зубной техник*. 2007; (4): 33–41.
  42. Вахтель Д. Традиционная технология фрезерования – что главное? *Зубной техник*. 2014; (6): 64–5.
  43. Rubeling G. Electroerosion in dental technology. Possibilities and limits. *Dent. Labor. (Munch.)*. 1982; 30 (12): 1697–702.
  44. Rubeling G., Kreylös H. Basic supplies and aids for electro-erosion. *Dent. Labor. (Munch.)*. 1986; 34 (4): 555–60.
  45. Andersson M., Bergman B., Bessing C., Ericson G., Lundquist P., Nilson H. Clinical results with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. *Acta. Odontol. Scand.* 1989; 47 (5): 279–86.
  46. Nayar S., Bhumathan S., Bhat W.M. Rapid prototyping and stereolithography in dentistry. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 2015; 7 (Suppl. 1): 216–9.
  47. Ozan O., Turkyilmaz I., Ersoy A.E., McGlumphy 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.
  48. Sarment D.P., Sukovic P., Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 2003; 18 (4): 571–7.
  49. Cohen A. Digital technology and the future of dentistry. *Zubnoy tekhnik*. 2014; (5): 40-2. (in Russian)

## REFERENCES

1. Mirgazov M.Z., Martin A.A. Organization of the dental laboratory, the requirements for its premises and equipment of modern advanced technology. *Actual Problems of Dentistry. II All-Russian Scientific-practical Conference. [Aktual'nye problemy stomatologii. II Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya]*. (7–19 april). 1998: 48–51.
2. Kisin G.B. *Improvement of Dental Laboratories of Different Ownership Forms: Diss.* Moscow; 2003. (in Russian)
3. Antipova N.V. *The Principles of Organization and Regulation of Modern Orthodontic Dental Laboratory: Diss.* Moscow; 2008. (in Russian)
4. Gevorkyan E.M. *Medico-legal Basis Regulating the Activities of Dental Laboratories in the Current Market Conditions: Diss.* Moscow; 2006. (in Russian)
5. Alimskiy A.V., Abdullatipov M.A. New approaches to the organization of the modern dental laboratories – the main component of dental orthopedic service. *Stomatologiya dlya vsekh*. 2011; (1): 38–40. (in Russian)
6. Torabi K., Farjood E., Hamedani S. Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics, a Review of Literature. *J. Dent. (Shiraz)*. 2015; 16 (1): 1–9.
7. Duret F., Blouin J.L., Duret B. CAD-CAM in dentistry. *J. Am. Dent. Assoc.* 1988; 117 (6): 715–20.
8. *CAD/CAM Technology in Dentistry (Collection of Articles). [CAD/CAM tekhnologii v stomatologii (sbornik statey)]*. Moscow: OOO «Meditsinskaya pressa»; 2011. (in Russian)
9. Bartling M. «Guest from the Future» – Mistress of All Trades Who Works Seven Days a Week. *CAD/CAM Technology in Dentistry (Collection of Articles). [«Gost'ya iz budushchego» – masteritsa na vse ruki, kotoraya rabotaet bez vykhodnykh. CAD/CAM tekhnologii v*

- stomatologii (sbornik statey)*. Moscow: 2011; 203–8. (in Russian)
10. Tsalikova N.A. Effect of abrasion on the properties of the carcasses of tetragonal zirconia. *Tsifrovaya stomatologiya*. 2014; 1: 63–8. (in Russian)
  11. Mörmann W.H., Brandestini M., Lutz F., Barbakow F. Chair side computer-aided direct ceramic inlays. *Quintessence Int*. 1989; 20 (5): 329–39.
  12. Lahl C., Strietzel R.D. Процедура CAD/CAM: основные принципы и историческая справка. *Зубной техник*. 2010; 5: 16–24.
  13. Altschuler B.R. Holodontography: an introduction to dental laser holography. *USAF School of Aerospace Medicine*, AD758191, SAMTR-73-4. 1973.
  14. Rekow E.D. Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *J. Prosth. Dent*. 1987; 58 (4): 512–6.
  15. Demkin V.N., Stepanov V.A., Shadrin M.V. Systems of rapid prototyping with laser scanning. Scientific and technical statements SPbGPU. *Fiziko-matematicheskoe nauki*. 2013; 3 (177): 136–43. (in Russian)
  16. Lelandais S., Clainchard A. Systeme d'aquisition de formes tridimensionnelles. Proceedings of MICAD. *Hermes. Paris*, 1984; (84): 870–84.
  17. Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*. 1988; 10: 128–38.
  18. Shteyn G.I. *Guide of Confocal Microscopy. [Rukovodstvo po konfokal'noy mikroskopii]*. St. Petersburg: INTs RAN; 2007: 77. (in Russian)
  19. Loshchilov K.E., Sukhorukov K.A., Pirogov V.V., Pirogov I.V. *The Method of Creating digital Teeth of 3D-models for Dental CAD/CAM-complex. The 14th Conference «Photometry and its Metrology Support.» Abstracts. [Metod sozdaniya tsifrovyykh 3D-modeley zubov dlya stomatologicheskogo CAD/CAM-kompleksa. 14-ya konferentsiya «Fotometriya i ee metrologicheskoe obespechenie». Tezisy dokladov]*. Moscow: VNIIOFI; 2004: 131–3. (in Russian)
  20. Levin G.G., Vishnyakov G.N., Loshchilov K.E., Ibragimov T.I., Lebedenko I.Yu., Tsalikova N.A. Modern dental CAD / CAM system with intraoral 3D profilers. *Izmeritel'naya tekhnika*. 2010; (2): 52–4. (in Russian)
  21. Ryakhovskiy A.N., Karapetyan A.A., Avakov G.S. A comparative study of the different CAD/CAM systems for the fabrication of frameworks of fixed dentures. *Stomatologiya*. 2011; (2): 57–61. (in Russian)
  22. Kostyukova V.V., Ryakhovskiy A. N., Ukhanov M.M. A comparative review of three-dimensional digital intraoral scanners for prosthetic dentistry. *Stomatologiya*. 2014; (1): 53–9. (in Russian)
  23. Reich S., Vollborn T., Mehl A., Zimmermann M. Intraoral optical impression systems – an overview. *Int. J. Comput. Dent*. 2013; 16 (2): 143–62.
  24. Zimmermann M., Mehl A., Mörmann W.H., Reich S. Intraoral scanning systems – a current overview. *Int. J. Comput. Dent*. 2015; 18 (2): 101–29.
  25. Antonik M.M. Opportunities and prospects of modern computerized systems for the diagnosis and treatment of occlusive disorders. *Tsifrovaya stomatologiya*. 2014; (1): 54–60. (in Russian)
  26. Maffei S., Chikunov S. Digital planning: a modern approach to dentistry, which allows an individual to obtain results, focusing on the patient's appearance. *Tsifrovaya stomatologiya*. 2014; (1): 45–8. (in Russian)
  27. Kollmuss M., Jakob F.M., Kirchner H.G., Ilie N., Hickel R., Huth K.C. Comparison of biogenically reconstructed and waxed-up complete occlusal surfaces with respect to the original tooth morphology. *Clin. Oral Investig*. 2013; 17 (3): 851–7.
  28. Litzenburger A.P., Hickel R., Richter M.J., Mehl A.C., Probst F.A. Fully automatic CAD design of the occlusal morphology of partial crowns compared to dental technicians' design. *Clin. Oral Investig*. 2013; 17 (2): 491–6.
  29. Ryakhovskiy A.N., Polyakova M.V. Computer design of dentition complete dentures. *Stomatologiya*. 2011; (2): 65–70. (in Russian)
  30. Ryakhovskiy A.N. New in the planning and implementation of complex dental treatment. *Tsifrovaya stomatologiya*. 2014; (1): 30–4. (in Russian)
  31. Dzhordano R.A. All-ceramic materials CAD/CAM in comparison. Clinical researches. *Zubnoy tekhnik*. 2013; (2): 74–7. (in Russian)
  32. Luthardt R.G., Holzhueter M., Sandkuhl O., Herold V., Schnapp J.D., Kuhlisch E., Walter M. Reliability and properties of ground Y-TZP-zirconia ceramics. *J. Dent. Res*. 2002; 81 (7): 487–91.
  33. Lebedenko I.Yu., Nazaryan R.G., Romankova N.V., Maksimov G.V., Vuraki N.K. Comparative analysis of modern methods of manufacturing the bridge based on zirconium dioxide. *Rossiyskiy stomatologicheskiy zhurnal*. 2015; (2): 6–9. (in Russian)
  34. Miyazaki T., Nakamura T., Matsumura H., Ban S., Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. *J. Prosthodont. Res*. 2013; 57 (4): 236–61.
  35. Stolz K., Kuhn T., Honnef B. CAD/CAM in restorative dentistry. Full rehabilitation of all-ceramic restorations made of zirconium oxide. *Novoe v stomatologii*. 2008; (2): 32–42. (in Russian)
  36. Turkyilmaz I., Asar N.V. A technique for fabricating a milled titanium complete-arch framework using a new CAD/CAM software and scanner with laser probe. *Tex. Dent. J*. 2013; 130 (7): 586–92.
  37. Reshad M., Cascione D., Aalam A.A. Fabrication of the mandibular implant-supported fixed restoration using CAD/CAM technology: a clinical report. *J. Prosthet. Dent*. 2009; 102 (5): 271–8.
  38. Hamilton A., Judge R.B., Palamara J.E., Evans C. Evaluation of the fit of CAD/CAM abutments. *Int. J. Prosthodont*. 2013; 26 (4): 370–80.
  39. Bolotov M.A., Dmitriev V.N., Pronichev N.D., Smelov V.G., Surkov O.S. *High-speed and High-performance Processing (Modes of Machine Tool): Guidelines. [Vysokoskorostnaya i vysokoproizvoditel'naya obrabotka (rezhimy, kharakteristika stankov, instrument): metodicheskie ukazaniya]*. Samara: Publisher: SGAU; 2007. (in Russian)
  40. Shevchenko V.I., Zakharova L.S., Popov V.D. Milling Combined prostheses without clasps. *Zubnoy tekhnik*. 2002; (5): 10–2. (in Russian)
  41. Shteger E. Milling-Technology ZIRKON. *Zubnoy tekhnik*. 2007; (4): 33–41. (in Russian)
  42. Vakhel' D. Traditional milling technology – what is the main thing? *Zubnoy tekhnik*. 2014; (6): 64–5. (in Russian)
  43. Rubeling G. Electroerosion in dental technology. Possibilities and limits. *Dent. Labor. (Munch.)*. 1982; 30 (12): 1697–702.
  44. Rubeling G., Kreylos H. Basic supplies and aids for electro-erosion. *Dent. Labor. (Munch.)*. 1986; 34 (4): 555–60.
  45. Andersson M., Bergman B., Bessing C., Ericson G., Lundquist P., Nilson H. Clinical results with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. *Acta. Odontol. Scand*. 1989; 47 (5): 279–86.
  46. Nayar S., Bhuminathan S., Bhat W.M. Rapid prototyping and stereolithography in dentistry. *J. Pharm. Bioallied Sci*. 2015; 7 (Suppl. 1): 216–9.
  47. Ozan O., Turkyilmaz I., Ersoy A.E., McGlumphy 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.
  48. Sarment D.P., Sukovic P., Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*. 2003; 18 (4): 571–7.
  49. Cohen A. Digital technology and the future of dentistry. *Zubnoy tekhnik*. 2014; (5): 40–2. (in Russian)

Поступила 30.11.15

Принята в печать 28.12.15