

## МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫЙ И МЕДИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ CAD-CAM-ТЕХНОЛОГИЙ В ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

**Искендеров Рамиль Мазахирович**

аспирант

**Журина Арина Андреевна**

аспирант

**Степанян Мариам Манвеловна**

аспирант

ФГБУ Центральный научно-исследовательский институт стоматологии  
и челюстно-лицевой хирургии Минздрава России, Москва

**Аннотация.** Развитие стоматологической науки и практики последних лет ассоциировано с популяризацией технологий компьютерного проектирования и автоматизированного изготовления зубных протезов. Потребность практической стоматологии и органов управления здравоохранением в оценке ресурсного и организационного обеспечения стоматологической ортопедической помощи, оказываемой с использованием CAD/CAM-систем, определила актуальность исследования, в задачи которого входило изучение медико-социального и медико-экономического эффекта от внедрения CAD/CAM-технологий в деятельность стоматологических организаций. В результате исследования было установлено, что затраты времени на замещение аналогичных дефектов зубного ряда с использованием CAD/CAM-технологии фрезерования цельнокерамического моста составили  $3,98 \pm 0,11$  часа и оказались в 12,5 раза меньше в сравнении со временем, затраченным на изготовление металлокерамической конструкции с использованием традиционной технологии –  $49,80 \pm 1,56$  часа; прирост величины затрат на приобретение открытой CAD/CAM-системы составил 15,42 % и компенсировался снижением величины ежемесячной амортизации на 13,36 %.

**Ключевые слова:** CAD/CAM-технология фрезерования, ортопедическая стоматология, медико-социальный и медико-экономический эффекты.

# MEDICO-SOCIAL AND MEDICO-ECONOMIC EFFECTS OF THE APPLICATION OF CAD-CAM TECHNOLOGY IN PROSTHETIC DENTISTRY

**Isgandarov Ramil Mazahirovich**

undergraduate

**Zhurina Arina Andreevna**

undergraduate

**Stepanyan Mariam Manvelovna**

undergraduate

Central research Institute of dentistry and maxillofacial surgery Ministry of health of Russia, Russia, Moscow

**Abstract.** The development of dental science and practice in recent years associated with the popularization of technology computer-aided design and automated manufacture of dental prostheses. The need for the practice of dentistry and health care authorities in the assessment of resource and organizational support required for dental and orthopedic assistance using CAD/CAM-systems, has determined the relevance of the study, which consisted of the medico-social and medico-economic effect of the introduction of CAD/CAM-technologies into the activities of dental organizations. In the result of the study it was found that the time for replacement of the same defects of the dentition using CAD/CAM-milling technique all-ceramic bridge made up  $3,98 \pm 0.11$  hours and were 12,5 times less in comparison with the time taken to manufacture designs using traditional technology –  $49,80 \pm 1.56$  hours; increase the amount of expenses for the acquisition of open CAD/CAM-system made up 15,42 % and was offset by the decrease in the value of monthly depreciation by 13,36 %.

**Keywords:** CAD/CAM-milling technique, prosthetic dentistry, medico-social and medico-economic effects.

**Актуальность исследования.** Развитие стоматологической науки и практики последних лет ассоциировано с совершенствованием и популяризацией технологий компьютерного проектирования и автоматизированного изготовления зубных протезов [3, с. 3-4; 1, с. 74].

Возможности различных CAD/CAM-систем постоянно меняются и совершенствуются, расширяются показания к применению CAD/CAM-технологий, меняются конструкционные материалы, методики изготовления конструкций протезов [2, с. 32-34; 4, с. 12-14].

Ранее были выполнены работы по оценке качества зубных протезов, изготовленных с использованием компьютерных технологий, по определению точности сканирования и прилегания реставраций [6, с. 321-324].

Были проведены сравнительные исследования различных CAD/CAM-систем на предмет точности воспроизведения деталей, поверхности моделей, точности сканирования полостей и абатментов. Проведены также измерения величин краевого зазора каркасов несъемных конструкций, изготовленных с помощью этих систем. Однако работ, посвященных анализу себестоимости изготовления единицы конструкции по CAD/CAM-технологии с учетом амортизации основного и дополнительного оборудования, всего спектра расходных материалов, стоимости электроэнергии и рабочего времени, до настоящего момента не проводилось.

Потребность практической стоматологии и органов управления здравоохранением в оценке ресурсного и организационного обеспечения стоматологической ортопедической помощи, оказываемой с использованием CAD/CAM-систем, определила актуальность настоящего исследования.

**Цель исследования:** совершенствование ресурсного и организационного обеспечения производства несъемных зубных протезов с использованием САД/САМ-технологий.

### **Задачи исследования:**

Разработать алгоритмы клинических и лабораторных этапов изготовления несъемных зубных протезов.

Провести хронометраж клинических и лабораторных этапов изготовления несъемных зубных протезов с использованием CAD-CAM-технологии.

### **Организация, материал и методы исследования**

Базой исследования стали 15 стоматологических организаций различных организационно-правовых форм, в которых использовались программные продукты для реализации CAD-CAM-технологии.

Исследование проведено в несколько последовательных этапов, в том числе, этапа анализа затрат на обеспечение деятельности зуботехнической лаборатории (ЗТЛ): исследовано 1588 единиц материала для CAD/CAM-производства ортопедических конструкций, 2 модификации CAD/CAM-систем (открытая и закрытая); анализа видов, структуры, объемов и стоимости зуботехнических конструкций, изготовленных в зуботехнической лаборатории, оснащенной CAD/CAM-системой: исследовано 25408 единиц зуботехнической продукции аналитическим, расчетно-аналитическим методами, ценовым методом полных издержек и методом экономического анализа; оценки качества зуботехнических конструкций, изготовленных по CAD/CAM-технологиям: экспертная оценка 68 обращений пациентов; анализа удовлетворенности специалистов зуботехнической лаборатории (ЗТЛ) основными характеристиками используемых CAD/CAM-систем: изучено мнение 96 участников профессиональных Интернет-форумов по 23 позициям чат-переписки; определения экономического эффекта от внедрения цифровых технологий в основу функционирования ЗТЛ: величина амортизационных отчислений при использовании CAD/CAM-систем открытого и закрытого типа; предотвращенный экономический эффект вследствие оптимизации затрат на материалы при использовании компьютерной программы Zirkonzahn.nesting.

## **Собственные результаты исследования**

В результате анализа затрат, необходимых на обеспечение деятельности зуботехнической лаборатории, оснащенной CAD/CAM-системой, было установлено, что технические характеристики открытой и закрытой систем в целом совпадают, за некоторым исключением.

Так, анализ затрат на приобретение открытой CAD/CAM-системы для производства ортопедических конструкций и реставраций позволил установить, что в базовой комплектации названной системы предусмотрена поставка фрезерного станка M1 HEAVY WET с 5-ю осями, базового комплекта программного обеспечения для работы фрезера, сканирующего устройства с компьютерной системой управления, моделировочного программного обеспечения, в том числе: базовой программы для создания виртуального прототипа ортопедической конструкции ZirkonZahn Modellier Basic и 6-ти программ для изготовления инлей/онлей реставраций, мостовидного протеза Prettau, мостов с окклюзионной винтовой фиксацией, восковой модели вакс-ап, балочных конструкций и абатментов. В качестве дополнительного необходимого и обязательного оборудования к открытой системе поставляется малая печь для синтеризации Zirkonoffen 600 и инфракрасная лампа Zirkonlampe 250. Работа с открытой системой подразумевает использования фрез 2L, 1L, 0,5S и 0,3C. Суммарная стоимость открытой CAD/CAM-системы в расширенной комплектации составляет 69261,50 Евро.

Анализ затрат на приобретение закрытой CAD/CAM-системы позволил установить, что в базовой комплектации названной системы предусмотрена поставка пятиостного фрезерного станка ZirkonZahn M5 с двумя фрезерующими наконечниками, полностью автоматического сканера S600, персонального компьютера с предустановленным базовым программным обеспечением, включающем программы сканирования, моделирования, архивирования и фрезерования. В базовую комплектацию включен также 1 дополнительный фрезерующий наконечник. Более

расширенная комплектация программного обеспечения представлена программами-приложениями для изготовления инлей/онлей реставраций, мостовидного протеза Prettau, мостов с окклюзионной винтовой фиксацией, программами для создания восковой модели вакс-ап, изготовления балочных конструкций и абатментов. Данный комплект программ идентичен аналогу в открытой CAD/CAM-системе.

Однако для полноценной работы закрытой системы компанией-производителем Zirkonzahn поставляются дополнительные программные продукты: программа, обеспечивающая работу виртуального артикулятора, и программа для импорта STL файлов, содержащих данные виртуальной модели будущей зуботехнической конструкции, которая получена на основе гипсовой модели, отлитой по оттискам зубных рядов пациента в стоматологической клинике, а затем отсканирована автоматическим сканером S600.

Аналогично открытой системе в качестве дополнительного необходимого и обязательного оборудования для закрытой CAD/CAM-системы в базовой комплектации поставляется малая печь для синтеризации Zirkonoffen 600 и инфракрасная лампа Zirkonlampe 250.

Однако для адекватной работы закрытой CAD/CAM-системы, помимо названного, необходимы вытяжное устройство Zubler V6000, а также держатель с шаблоном и столик для артикулятора. В двух последних продуктах возникает необходимость в том случае, если программное дооснащение обсуждаемой закрытой системы модулем "Virtual Articulator" for Zirkonzahn.Modellier CAD/CAM software не состоялось, и проверка гипсовой модели будущей зуботехнической конструкции будет проводится в обособленном анатомическом артикуляторе.

Как и с открытой системой, работа с закрытой системой подразумевает использования фрез 2L, 1L, 0,5S и 0,3C. Суммарная стоимость закрытой CAD/CAM-системы в расширенной комплектации составляет 61306,5 Евро.

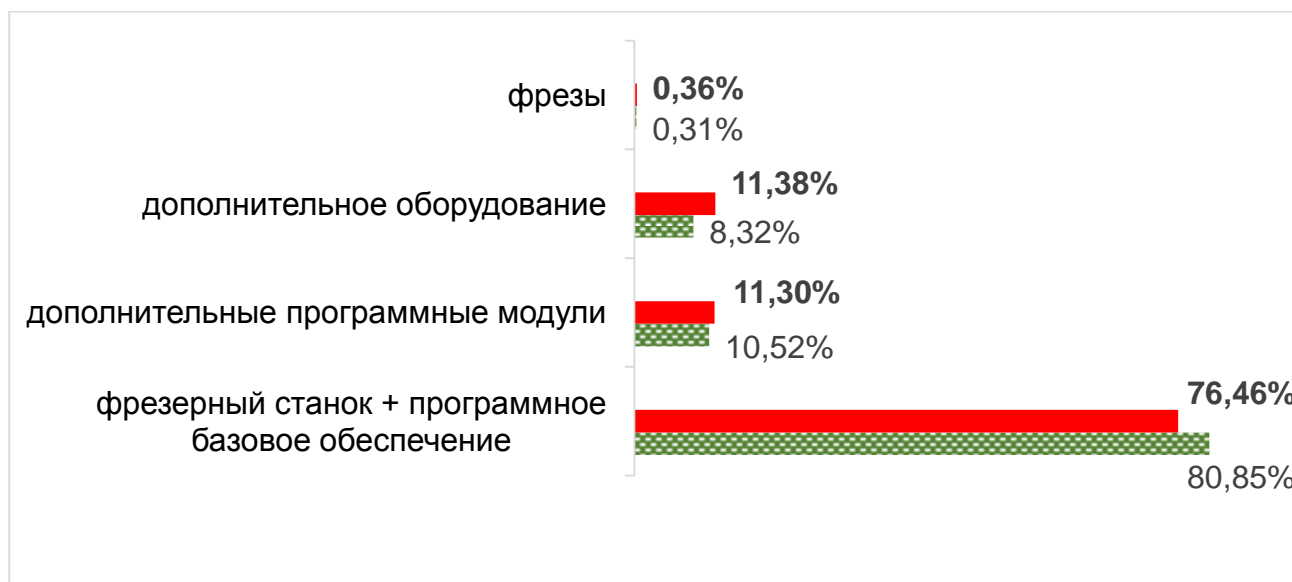
Стоимость открытой CAD/CAM-системы в базовой комплектации превосходит аналогичную стоимость закрытой системы, что, помимо маркетинговых характеристик, отражающих предпочтения по цене при реализации комплексного продукта «закрытая система», отражает также более дорогие технические предпочтения модулей открытой системы в виде:

- 4-хкамерного сканирующего устройства с компьютерной системой управления (в отличие от 2-хкамерного сканера S600);
- Multi-die (многоканальное) сканирование, предусматривающее многократное высокоскоростное наложение снимков один на другой с целью выявления отклонений изображения и их нивелировки;
- возможность автоматического распознавания текстуры и цвета материала;
- меньшие габариты: 47,7 x 69,3 x 61,3 см;
- возможность работы с любым материалом для изготовления всех видов зуботехнической продукции, в том числе работа со стеклокерамикой.

В результате сравнительного анализа структуры затрат на приобретение закрытой и открытой CAD/CAM-систем в сопоставимых комплектациях было установлено, что доля затрат на фрезерный станок и базовое программное обеспечение была максимальной в обоих случаях и составила 80,85 % для открытой системы и 76,46 % – для закрытой. Доля затрат на дополнительные программные модули составила соответственно 11,30 и 10,52 %, дополнительное оборудование – 11,38 и 8,32 %, на фрезы – 0,36 и 0,31 % (рисунок 1).

Анализ видов и объемов используемого в зуботехнической лаборатории материала из оксида циркония четырехвалентного для изготовления ортопедических конструкций и реставраций с применением CAD/CAM-технологий позволил установить, что почти 1/5 из 1588 единиц материала соответствовала дискам артикула ZRAB8031 Transluzent

Zirconia Blank диаметром 95 и высотой 16 мм максимально светлой окраски A1 –  $19,84 \pm 0,49$  %, минимальная доля соответствовала дискам ZRAD8101 Prettau® Zirconia Blank 95 высотой 25 мм и максимально светлой окраски A1 –  $1,13 \pm 0,01$  %.



**Рис. 1. Сравнительный анализ структуры затрат на приобретение закрытой и открытой систем в сопоставимых комплектах**

Анализ объемов использованных дисков из оксида циркония различной высоты показал, что максимальная доля соответствовала дискам высотой 16 мм – 37,91 %. Далее следовали диски высотой 18 мм – 28,66 %, 14 мм – 19,64 %, 25 мм – 4,97 % и 22 мм – 3,59 %. Еще 5,23 % материала было представлено дисками PMMA Basic для временных моделей.

Анализ стоимости использованного в зуботехнической лаборатории материала из оксида циркония позволил установить, что максимальные затраты соответствовали затратам на транслюцентные диски ZRAB8031 Transluzent Zirconia Blank 95 высотой 16 мм –  $17,14 \pm 0,01$  % от общей стоимости, минимальные затраты соответствовали дискам ZRAD8031 Prettau® Zirconia Blank 95 высотой 16 мм –  $1,91 \pm 0,01$  %.

Анализ стоимости материала, используемого в зуботехнической лаборатории (дисков из оксида циркония различной высоты), показал, что



максимальные затраты соответствовали дискам высотой 16 мм – 34,75 %, далее следовали в порядке уменьшения стоимости диски высотой 18 мм – 31,65 %, 14 мм – 17,06 %, 25 мм – 10,02 % и 22 мм – 5,61 %. Помимо этого, затраты на материал для временных моделей PMMA basic составили 0,91% от общей стоимости материалов.

Помимо затрат на приобретение основных средств, в процессе настоящего исследования были проанализированы затраты на расходные материалы. Для 25408 единиц продукции зуботехнической лаборатории затраты на расходные материалы суммарно составили 297 234 772,1 руб.

Затраты на расходные материалы приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Структура затрат на расходные материалы для производства  
25408 ед. продукции зуботехнической лаборатории**

|   | Доля, % |
|---|---------|
| Супергипс 3-го класса высокопрочный α-rock (альфа-рок, Россия), гр. | 47,87   |
| Супергипс 4-го класса Pro Rock, Германия, гр.                       | 46,16   |
| Красители для индивидуализации, гр.                                 | 3,00    |
| Спрей для сканирования Digiscan-Spray, мл                           | 1,02    |
| Глазурь Stain Color Glaze, гр.                                      | 0,58    |
| Красители до спекания (Colour Liquid Prettau, Translucent), мл      | 0,54    |
| Фрезы FR5006, шт.   | 0,41    |
| Алмазные диски, шт.   | 0,20    |
| Полиры Prisma Gloss extra fine, DENTSPLY, шт.                       | 0,05    |
| Полировочная паста Ivoclar Vivadent, мл                             | 0,05    |
| Кисти для Colour Liquid разные, шт.                                 | 0,01    |
| Заготовка ZRe-Fine Acrylic, шт.                                     | 0,03    |
| Боры алмазные Zirkon Set для обработки реставраций, шт.             | 0,03    |
| Фрезы FR5001-3-5, шт.   | 0,03    |
| Кисти для окрашивания до спекания Tatsujn Brushes Kit, шт.          | 0,01    |
| Щетки полировочные Slender brushe, шт.                              | 0,01    |
| Итого   | 100,0   |

В структуре затрат на расходные материалы доля затрат на высокопрочный супергипс 3-го класса  $\alpha$ -rock (Альфа-рок, Россия) составила 47,87 %, супергипс 4-го класса Pro Rock (Германия) – 46,16, красители для индивидуализации – 3,00, спрей для сканирования Digiscan-Spray – 1,02, глазурь Stain Color Glaze – 0,58, красители до спекания (Colour Liquid Prettau, Translucent) – 0,54, фрезы FR5006 – 0,41, алмазные диски – 0,20, полиры Prisma Gloss extra fine, DENTSPLAY – 0,05, полировочную пасту Ivoclar Vivadent – 0,05, кисти для Colour Liquid разные – 0,01, заготовку ZRe-Fine Acrylic – 0,03, боры алмазные Zirkon Set для обработки реставраций – 0,03, фрезы FR5001-3-5 – 0,03, кисти для окрашивания до спекания Tatsujn Brushes Kit – 0,01, щетки полировочные Slender brushe – 0,01 %.

Таким образом, затраты на материал для гипсовых моделей суммарно составили 94,03 % от общей величины затрат на расходные материалы для изготовления зуботехнических конструкций.

Анализ загруженности зуботехнической лаборатории показал, что технические возможности открытой CAD/CAM-системы позволяют в сутки производить до 100 единиц ортопедической продукции. Следовательно, за 340 рабочих дней в году в ЗТЛ может быть произведено 34000 единиц продукции.

Как показало исследование, в 2016 г. было произведено 25408 единиц продукции, что соответствовало загруженности ЗТЛ на 74,73 %. При этом суммарная величина затрат на материал для гипсовых моделей, сканируемых CAD/CAM-системой, – 279488000,0 руб. в 50,44 раза превысила величину затрат на приобретение открытой CAD/CAM-системы – 5540920 руб., способной работать с программами обмена информацией с интраоральных сканеров любых производителей и моделей. В последнем случае становится возможным полностью исключить этап получения силиконовых оттисков зубов и создание гипсовой модели для ее последующего сканирования и исследования в анатомическом или виртуальном артикуляторе перед изготовлением окончательной зуботехнической конструкции.

Таким образом, затраты на приобретение более дорогостоящей открытой CAD/CAM-системы являются социально обоснованными, поскольку позволяют изменить технологию производства зуботехнических конструкций путем исключения этапа изготовления гипсовых моделей, для которых характерны высокие затраты на расходный материал (гипс): в течение одного года затраты на гипс в 50,44 раза превосходят затраты на приобретение CAD/CAM-системы (при условии загруженности ЗТЛ на 74,73 %).

Анализ объемов, видов и стоимости зуботехнических конструкций, изготовленных с использованием CAD/CAM-технологий, показал, что в 2016 г. 25408 единиц стоматологической ортопедической продукции были произведены в рамках взаимодействия зуботехнических лабораторий с системным интегратором. Из общего числа конструкций доля абатментов составила  $50,31 \pm 0,31$  %, коронок из цельной керамики –  $29,58 \pm 0,18$ , цельнокерамических вкладок –  $6,00 \pm 0,03$ , цельнокерамических мостовидных протезов из диоксида циркония –  $4,00 \pm 0,02$ , мостов с винтовой фиксации по принципу «все на 4» –  $3,72 \pm 0,02$ , зубов с винтовой фиксацией –  $3,03 \pm 0,02$ , балок под съемное протезирование –  $2,11 \pm 0,01$ , мостов с опорой на вкладки –  $1,25 \pm 0,01$  % (таблица 2).

Таблица 2

**Объемы, виды и стоимость зуботехнических конструкций, изготовленных с использованием CAD/CAM-технологий**

| Наименование конструкции                                    | Абс.  | Доля, %          |
|---|-------|------------------|
| Абатменты   | 12783 | $50,31 \pm 0,31$ |
| Коронки из цельной керамики                                 | 7518  | $29,58 \pm 0,18$ |
| Цельнокерамические вкладки                                  | 1524  | $6,00 \pm 0,03$  |
| Цельнокерамические мостовидные протезы из диоксида циркония | 1015  | $4,00 \pm 0,02$  |
| Мосты с винтовой фиксации по принципу «все на 4»            | 945   | $3,72 \pm 0,02$  |
| Зубы с винтовой фиксацией                                   | 769   | $3,03 \pm 0,02$  |
| Балки под съемное протезирование                            | 536   | $2,11 \pm 0,01$  |
| Мост с опорой на вкладки                                    | 318   | $1,25 \pm 0,01$  |
| Всего   | 25408 | 100,0            |

Таким образом, максимальная доля зуботехнических изделий, изготовленных по CAD/CAM-технологиям, соответствовала индивидуальным абатментам и коронкам из цельной керамики – суммарно  $79,89 \pm 0,49$  %.

В результате экспертизы качества зуботехнических конструкций, изготовленных с использованием CAD/CAM-технологий, установлено, что из 25408 случаев количество тех, которые связаны с рекламациями и жалобами заказчиков, составило 68 (0,27 %). При этом 14 из 68 соответствовали дефектам клинического этапа стоматологической ортопедической помощи и не были связаны непосредственно со снижением качества самих зуботехнических конструкций: дефекты фиксации вкладки в корневом канале и адаптации вкладки к стенкам полости, расцементировка эндокоронки и рецидив кариеса; 43 случая соответствовали сколу керамики и ослаблению моста в отдаленном периоде протезирования (более 5 лет) и характеризовались ненадлежащим предшествующим профилактическим консультированием пациентов врачами стоматологами-ортопедами, что не позволило своевременно профилактировать названные дефекты.

Медико-социальный эффект от применения CAD/CAM-технологий выразился в сокращении средних сроков замещения дефекта зубного ряда. Так затраты времени на замещения дефекта путем изготовления моста с использованием CAD/CAM-технологий  $3,98 \pm 0,11$  часа оказались в 12,5 раза меньше в сравнении со временем, затраченным на изготовление моста с использованием традиционной технологии  $49,80 \pm 1,56$  часа (таблица 3).

В процессе исследования медико-социальный эффект оценивался также по результатам изучения мнения участников профессиональных форумов ( $n = 96$ ) о целесообразности работы с CAD/CAM-оборудованием, а также по оценке их удовлетворенности выбором CAD/CAM-системы. В результате исследования было установлено, что, по мнению

**Сравнительная оценка времени, затраченного на замещение идентичного дефекта зубного ряда при использовании традиционной и CAD/CAM технологий**

| Традиционная технология   |              | CAD/CAM-технологии   |  |            |                         |            |            |
|---|--------------|--|--|------------|-------------------------|------------|------------|
| Посещения и содержание работ  | Время (часы) | Посещения и содержание работ   | Время (часы)   |            |                         |            |            |
|   |              |  | Открытая система SYAB0370  |            | Закрытая система SY0094 |            |            |
| <i>Первое посещение</i>   |              |  |  |            |                         |            |            |
| Снятие слепков с обеих челюстей и выбор цвета будущего моста (n = 10)*  | 0,12±0,03    | Изготовление слепка челюсти (n = 10)   | Сканирование ротовой полости внутриротовым сканером 3D Progress (n = 10) | 0,12±0,03  | 0,03±0,001              | 0,12±0,03  | 0,03±0,001 |
|   |              | Сканирование слепка с помощью оптической видеокамеры (n = 10)                                    |  | 0,03±0,001 |                         | 0,03±0,001 |            |
|   |              | Создание трехмерной компьютерной модели челюсти (n = 10)   |  | 0,05±0,01  | 0,05±0,01               |            |            |
| Изготовление временного моста протяженностью 4 единицы (n = 10)   | 49,12±1,54   | Создание виртуальной трехмерной модели будущего протеза – мост протяженностью 4 единицы (n = 10) |  | 0,28±0,07  |                         | 0,28±0,07  |            |
|   |              | Изготовление цельнокерамического протеза с помощью фрезерного автомата (n = 10)                  |  | 2,92±0,75  |                         | 2,92±0,75  |            |
|   |              | Установка и фиксация цельнокерамического протеза (n = 10)  |  | 0,58±0,15  |                         | 0,58±0,15  |            |
| <i>Второе посещение</i>   |              |  |  |            |                         |            |            |
| Примерка металлического каркаса и отправка в зуботехническую лабораторию для покрытия специальной керамической массой | 0,28±0,07    | –  |  | –          |                         | –          |            |
| <i>Третье посещение</i>   |              |  |  |            |                         |            |            |
| Установка мостовидного протеза. Фиксация моста на зубы  | 0,28±0,07    | –  |  | –          |                         | –          |            |

Примечание: \* – число замеров времени

всех без исключения участников форумов, CAD/CAM-система должна удовлетворять таким характеристикам, как наличие функции по автоматической замене фрез, 5-ю осями, системой автоматического контроля износа фрезы (наличие соответствующего датчика), высокой точностью (качеством) и скоростью фрезеровки, высокой скоростью и точностью сканирования, возможностью влажного/сухого фрезерования, автоматическим измерением фрезы / контролем поломок, автоматическим измерением длительности (времени) обработки единицы продукции, возможностью построения оптической модели, толщина слоя рельефа поверхности которой сопоставима с аналогом гипсовой модели (15 микрон) или превосходит ее. Такие характеристики, как удобство работы с софтом упоминались с частотой  $97,92 \pm 3,94$  на 100 участников форума, открытость системы –  $95,83 \pm 3,72$ , производительность работы (приблизительно 2 диска в день) –  $95,83 \pm 3,72$ , присутствие сервиса в регионе эксплуатации системы –  $94,79 \pm 3,62$ , возможность производства цельнокерамических мостов максимальной протяженности (до 14 ед.) –  $94,79 \pm 3,62$ , настольное размещение фрезера –  $91,67 \pm 3,30$ , компактные габариты –  $91,67 \pm 3,30$ , возможность удаленного технического обслуживания –  $91,67 \pm 3,30$ , максимальный ассортимент используемых материалов –  $89,58 \pm 3,09$ , настройка с помощью удаленного доступа –  $89,58 \pm 3,09$ , требуемое давление сжатого воздуха (минимально 7 атмосфер) –  $87,50 \pm 2,88$ , толщина клеевого пространства для ортопедических конструкций: PMMA 100 микрон; Zirkonia Translucent и Prettau 60 микрон –  $87,50 \pm 2,88$  на 100 участников форума.

В результате оценки медико-экономического эффекта от применения CAD/CAM-технологий было установлено, что прирост величины затрат на приобретение открытой системы составляет 15,42 %.

Анализ начисления амортизации основных средств показал, что амортизация начислялась линейным методом – равными долями в течение всего срока эксплуатации CAD/CAM-систем. Для расчета величини-

ны амортизационных отчислений использовалась первоначальная стоимость основных средств, складывающаяся из всех затрат на приобретение CAD/CAM-систем.

Формула для расчета амортизации основных средств линейным методом начисления [5] представлена следующим образом:

$$A = \text{Стоимость ОС} * \text{Норма амортизации} / 100 \%$$

Тогда расчет амортизации линейным способом выглядел следующим образом. Основное средство (открытая CAD/CAM-система) принято к учету по стоимости:  $70761,5 * 80 = 5660920,0$  (руб.), где 80 – курс евро к рублю.

Срок полезного использования 10 лет.

Норма амортизации составила  $100 \% / 10 \text{ лет} = 10 \%$

Величина ежегодной амортизации для открытой CAD/CAM-системы рассчитана следующим образом:

$$A_{\text{откр. (год)}} = 5660920,0 * 10 \% / 100 \% = 566092,0 \text{ (руб.)}$$

Ежемесячная амортизация открытой CAD/CAM-системы составила

$$A_{\text{откр. (мес.)}} = 566092,0 / 12 = 47174,33 \text{ (руб.)}$$

Основное средство (закрытая CAD/CAM-система) принято к учету по стоимости:  $61306,50 * 80 = 4904520,0$  (руб.).

Срок полезного использования 10 лет.

Норма амортизации составила  $100 \% / 10 \text{ лет} = 10\%$

Величина ежегодной амортизации для закрытой CAD/CAM-системы составила 490452,0 руб.:

$$A_{\text{закр. (год)}} = 4904520,0 * 10 \% / 100 \% = 490452,0 \text{ (руб.)}$$

Ежемесячная амортизация открытой CAD/CAM-системы составила:

$$A_{\text{закр. (мес.)}} = 490452,0 / 12 = 40871,00 \text{ (руб.)}$$

Таким образом, в результате покупки закрытой CAD/CAM-системы уменьшение величины ежемесячной амортизации в сравнении с открытой системой составило 13,36 %.

## **Выводы:**

1. Максимальные затраты, необходимые для обеспечения деятельности зуботехнической лаборатории, оснащенной CAD/CAM системой, обусловлены приобретением основных средств: фрезерного станка, базового программного обеспечения, дополнительного оборудования (печь для синтеризации и др.). Стоимость базовой комплектации открытой CAD/CAM-системы превосходит аналогичную стоимость закрытой системы, что отражает более дорогие технические предпочтения модулей открытой системы в виде: 4-камерного сканирующего устройства с компьютерной системой управления (в отличие от 2-камерного сканера S600 в закрытой системе); Multi-die (многоканальное) сканирование; возможность автоматического распознавания текстуры и цвета материала; меньшие габариты фрезерного станка; возможность работы с любым материалом для изготовления всех видов зуботехнической продукции, в том числе из стеклокерамики.
2. Максимальные объемы конструкций, изготавливаемых в зуботехнической лаборатории, оснащенной CAD/CAM системой, соответствуют индивидуальным абатментам и одиночным циркониевым коронкам (суммарная доля  $79,89 \pm 0,49$  %).
3. Оснащение зуботехнической лаборатории CAD/CAM-системой повышает качество и прецизионность производимых зуботехнических конструкций: из 25408 случаев изготовления названных конструкций количество рекламаций и жалоб заказчиков составило 68 случаев (0,27 %). При этом 14 случаев из 68 соответствовали дефектам клинического этапа стоматологической ортопедической помощи: дефекты фиксации вкладки в корневом канале и адаптации вкладки к стенкам полости, расцементировка эндокоронки и рецидив кариеса; 43 случая соответствовали сколу керамики и ослаблению моста в отдаленном периоде протезирования (более 5 лет), чему предше-



ствовало ненадлежащее профилактическое консультирование пациентов врачами-стоматологами на клиническом этапе стоматологической ортопедической помощи.

4. Медико-социальный эффект от внедрения цифровых технологий в деятельность зуботехнических лабораторий характеризуется мнением участников профессиональных форумов ( $n = 96$ ) о целесообразности работы с CAD/CAM-оборудованием, а также их удовлетворенностью выбором CAD/CAM-систем: для всех без исключения специалистов важно, чтобы CAD/CAM-система удовлетворяла таким характеристикам, как наличие функции по автоматической замене фрез, 5-тью осями, системой автоматического контроля износа фрезы (наличие соответствующего датчика), высокой точностью (качеством) и скоростью фрезеровки, высокой скоростью и точностью сканирования, возможностью влажного/сухого фрезерования, автоматическим измерением фрезы / контролем поломок, автоматическим измерением длительности (времени) обработки единицы продукции, возможностью построения оптической модели, толщина слоя рельефа поверхности которой сопоставима с аналогом гипсовой модели (15 микрон) или превосходит ее.
5. Медико-экономический эффект от внедрения цифровых технологий в деятельность зуботехнической лаборатории выражается в снижении затрат времени на производство ортопедических конструкций: затраты времени на замещение аналогичных дефектов зубного ряда с использованием CAD/CAM-технологии фрезерования цельнокерамического моста составили  $3,98 \pm 0,11$  часа и оказались в 12,5 раза меньше в сравнении со временем, затраченным на изготовление металлокерамической конструкции с использованием традиционной технологии –  $49,80 \pm 1,56$  часа; прирост величины затрат на приобретение открытой CAD/CAM-системы составляет 15,42 % и компенсируется снижением величины ежемесячной амортизации на 13,36 %.

6. Дальнейшее совершенствование деятельности зуботехнических лабораторий, оснащенных CAD/CAM-системами, сопряжено с внедрением программного обеспечения, контролирующего прецизионность производимых зуботехнических конструкций за счет точности сканирования и фрезерования, а также оптимизирующие материальные издержки производства (Zirkonzahn.Nesting).

## Список использованных источников

1. Ибрагимов Т.И. Применение местного обезболивания при изготовлении эстетичных керамических реставраций зубов с использованием CAD/CAM технологий / Т.И. Ибрагимов, М.Г. Гришкина, Н.А. Цаликова // Российская стоматология. Матер. XIII Междунар. стоматологического конгресса по анестезии, седации и контролю над болью. Коно, США, 2012. № 3. Т. 5. С. 74.
2. Ибрагимов Т.И., Цаликова Н.А., Хуранов А.Ш. и др. Некоторые технические характеристики CAD/CAM систем, применяющих в работе интраоральные камеры // Стоматология для всех. 2008. № 3. С. 30-32.
3. Цаликова Н.А. Оптимизация лечения пациентов с применением CAD/CAM технологий в клинике ортопедической стоматологии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2013. 45 с.
4. Левин Г.Г. Программа получения измерительных данных при помощи внутриротового оптического сканера, и их реконструкции и 3D визуализации в CAD\CAM системе Optik Dent. / Г.Г. Левин, Г.И. Вишняков, К.Е. Лоцилов, А.Г. Ломакин, Т.И. Ибрагимов, Н.А. Цаликова, А.М. Хуранов, З.В. Разумная, С.Д. Атаева, О.Е. Кузнецов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012610772 от 16.01. 2012 г.
5. Линейный метод начисления амортизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://online-buhuchet.ru/kak-poschitat-amortizaciyu-osnovnyx-sredstv-metody-i-primery-rascheta-amortizacii/#i-2>
6. Levin G.G. Modern dental CAD/CAM systems with intraoral 3D profilometer / G.G. Levin, G.N. Vishnyakov, K.E. Loshchilov, T.I. Ibragimov, I. Yu. Lebedenko, N.A. Tsalikova // Measurement Techniques. 2012. № 53 (3). P. 321-324.