

## Экспериментальные исследования метрологических характеристик оптического сканера CAD/CAM-системы OptikDent

Г. Н. ВИШНЯКОВ\*, Г. Г. ЛЕВИН\*, Н. А. ЦАЛИКОВА\*\*

\* Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений, Москва, Россия, e-mail: Levin@vniiofi.ru

\*\* Московский государственный медико-стоматологический университет, Москва, Россия

Дано описание исследования метрологических характеристик оптического сканера, входящего в состав CAD/CAM-системы OptikDent, которое проведено путем сравнения профилей поверхностей тестовых объектов, измеренных при помощи оптического сканера и координатно-измерительной машины.

**Ключевые слова:** интраоральный оптический сканер, оптический слепок, стоматологическая CAD/CAM-система.

The studies of metrological characteristics of optical scanner — a component of CAD/CAM OptikDent system — is described. The studies were carried out by comparison of the surface test objects profiles measured by means of the optical scanner and plate-measuring engine.

**Key words:** intraoral optical scanner, optical dental model, dental CAD/CAM system.

Получение точного оптического слепка — один из определяющих этапов качественной реставрации зубов с применением CAD/CAM-технологий. Определение точности сканирования и выявление особенностей сканера позволяют дать рекомендации по препарированию зубов и скорректировать методику получения оптического слепка.

Российская CAD/CAM-система OptikDent [1, 2], разработанная ФГУП «ВНИИОФИ» и МГТУ «СТАНКИН» совместно с МГМСУ, состоит из внутроротового (интраорального) оптического 3D-сканера для измерений формы поверхности отпрепарированного зуба; шлифовального блока, позволяющего изготавливать одиночные реставрации из стандартных керамических блоков; программного обеспечения для конструирования виртуальной реставрации. Примеры 3D-реконструкции показаны на рис. 1. После усовершенствования метода измерения на основе проекции полос [3], исходных рабочих и технических характеристик сканера и улучшения дизайна, позволяющего использовать данную систему в клинических условиях, первоочередной задачей является оценка качества полученного оптического слепка.

Для проверки точности измерения геометрии протезного ложа интраоральным оптическим сканером применяли экспериментальные тестовые объекты, имитирующие зубы, отпрепарированные для изготовления коронки и вкладки. Первый тестовый объект — усеченный конус из оксида циркония. Выбор материала объекта обусловлен высоким коэффициентом отражения на рабочей длине волны оптического сканера, поэтому отсутствует необходимость покрывать поверхность объекта диффузно отражающим порошком. Размеры тестового объекта: основание, на котором нахо-

дится усеченный конус, 10×10 мм; высота усеченного конуса 6 мм; угол между образующей поверхностью конуса и его высотой, имитирующий угол конвергенции стенок культи, 8°. В качестве второго тестового объекта использовали металлический паз с сечением в виде равнобедренной трапеции высотой 5 мм и углом дивергенции стенок 6°. Поверхность этого тестового объекта зеркальная, что позволяет измерить расстояние 6,002 мм между двумя плоскостями при помощи интерферометра белого света Zygo NewView 7000 с точностью 0,1 мкм. При измерениях профиля поверхности интраоральным оптическим сканером зеркальная поверхность требует напыления специальным мелкодисперсным диффузно отражающим порошком, что вносит дополнительную погрешность, однако приближает эксперимент к реальным условиям, так как измерение формы поверхности зуба осуществляется с использованием данного порошка, чтобы

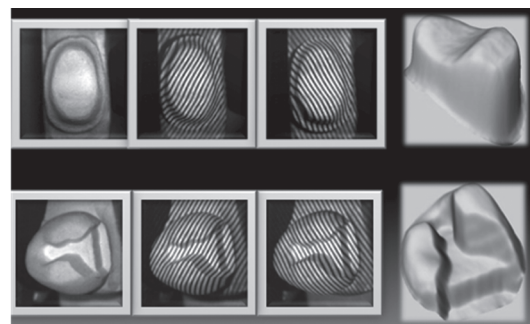


Рис. 1. Примеры реконструкции 3D-поверхности зубов в системе OptikDent

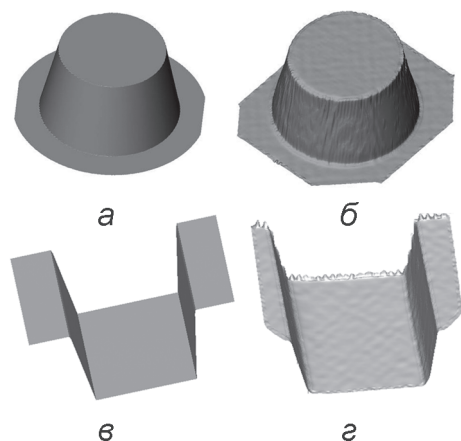


Рис. 2. Эталонные математические модели тестовых объектов (а, в) и цифровые модели поверхностей тестовых объектов, полученные при помощи интраорального оптического сканера (б, г)

избежать бликов от поверхности зуба и увеличить контраст спроецированных полос.

Процедура проверки точности измерения формы объекта состоит из нескольких этапов: измерение поверхности тестового объекта при помощи интраорального оптического сканера; измерение параметров поверхности тестового объекта при помощи координатно-измерительной машины (КИМ) и создание эталонной математической модели тестового объекта по полученным данным; сравнение цифровых моделей, полученных на предыдущих этапах.

Для измерения параметров поверхностей тестовых объектов применяли КИМ Carl Zeiss UPMC 850 с погрешностью измерений координат точек 2 мкм. Математическую модель создавали по измеренным координатам нескольких точек на двух параллельных плоскостях и образующей поверхности конуса. Цифровые модели поверхностей тестовых объектов сравнивали путем пространственного совмещения данных измерений с минимизацией среднего координатного отклонения двух поверхностей. Двумерное пространственное распределение разности измеренных поверхностей показано на рис. 2. Среднее координатное отклонение одной измеренной поверхности от другой в областях соответствующих плоскостей для первого объекта состав-

ляет 28,6 мкм, максимальное отклонение — 48,7 мкм, для второго — 32,5 мкм, максимальное отклонение — 54,5 мкм. Максимальная погрешность зафиксирована в областях острых углов поверхности усеченного конуса — на границах пересечения образующей поверхности конуса с двумя плоскостями, что обусловлено особенностью алгоритма реконструкции, а также в области острых граней металлического паза. Погрешность измерения формы второго объекта увеличилась по сравнению с первым экспериментом из-за использования диффузно отражающего порошка, однако она соответствует общим требованиям для интраорального оптического сканера.

Проведенные метрологические эксперименты показали соответствие точности измерений формы поверхности объекта требуемым характеристикам и свидетельствуют, что теоретическая оценка точности измерения формы объекта интраоральным оптическим сканером соответствует действительности и может использоваться для применения его в клинике ортопедической стоматологии.

Работа проведена с использованием оборудования Центра коллективного пользования ВНИИОФИ при поддержке Министерства образования и науки РФ (государственный контракт №16.552.11.7056 от 11.07.2012 г.).

#### Л и т е р а т у р а

1. Левин Г. Г. и др. Современные стоматологические CAD/CAM-системы с интраоральными 3D-профилометрами // Измерительная техника. 2010. № 3. С. 52—54; Levin G. G. et al. Modern dental CAD/CAM systems with intraoral 3D profilometers // Measurement Techniques. 2010. V. 53. N 3. P. 321—324.
2. Ибрагимов Т. И., Цаликова Н. А. Разработка первой российской CAD/CAM-системы OptikDent // Стоматология. 2011. № 2. С. 62—64.
3. Вишняков Г. Н., Лоцилов К. Е. Оптические схемы измерения формы трехмерных объектов методом проекции полос // Оптический журнал. 2011. № 2. С. 42—47.

Дата принятия 21.05.2013 г.