

На правах рукописи

КОРНЕВА ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ
ШИНИРУЮЩИХ И ПРОТЕЗИРУЮЩИХ
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Специальность 01.02.06 – Динамика, прочность машин,
приборов и аппаратуры

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск – 2010

Работа выполнена в Новокузнецком филиале-институте государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Казаков Сергей Павлович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Крауиньш Петр Янович,
Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, г.Томск

кандидат технических наук, доцент
Жуков Иван Алексеевич, Сибирский
Государственный университет,
г.Новокузнецк

Ведущая организация: Институт теоретической и прикладной
механики им. С.А.Христиановича СО РАН,
г. Новосибирск

Защита состоится 22 декабря 2010г. в 15-00 час. на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д212.269.01 при Национальном исследовательском Томском политехническом университете по адресу: 634034, г.Томск, пр.Ленина 30.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национального исследовательского Томского политехнического университета по адресу: 634034, г.Томск, ул.Белинского, 53-а.

Автореферат разослан «__»_____ 2010г.

Ученый секретарь совета по защите докторских
и кандидатских диссертаций Д212.269.01,
кандидат технических наук, доцент

Костюченко Т.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

В связи с необходимостью повышения качества зубопротезных и шинирующих конструкций, которые должны обеспечивать восстановление физиологических функций зубочелюстной системы, приобретает актуальность проблема рационального выбора параметров этих конструкций с учетом особенностей механического поведения замещающей или шинирующей конструкции как технического объекта, а также индивидуальных особенностей пациента.

Один из путей решения этой проблемы связан с применением новых сплавов, обладающих вязкоупругими свойствами, и новых видов конструкций из них. Такие конструкции получают распространение в стоматологической практике. К настоящему времени изучены физико-механические свойства новых материалов, разработаны инструментальные средства измерения физиологической подвижности и накоплен статистический материал о физико-механических свойствах как здоровых, так и поврежденных естественных элементов зубочелюстной системы. Однако остаются нерешенными вопросы рационального проектирования индивидуальных замещающих и шинирующих конструкций, которое должно основываться на измерении физиологических характеристик зубочелюстной системы каждого конкретного пациента и, в идеале, восстанавливать (или улучшать) физиологические функции.

Можно выделить ряд частных проблем, связанных с проблемой получения качественно новых функциональных свойств шинирующих и замещающих стоматологических конструкций. Одним из путей их решения является расчетно-теоретическое исследование закономерностей механического поведения стоматологических конструкций, взаимодействующих с пародонтом.

Таким образом, представляется актуальным исследование закономерностей вязкоупругого поведения зубочелюстной системы при наличии заболеваний и повреждений для рационального проектирования замещающих и шинирующих стоматологических конструкций.

Целью работы является разработка методов рационального выбора конструктивных параметров стоматологических конструкций, обеспечивающих полное или частичное восстановление механических свойств зубочелюстной системы.

Идея работы состоит в представлении элемента зубного ряда в виде жесткого тела, окруженного вязкоупругой средой – периодонтом и усиленного вязкоупругой стоматологической конструкцией, и численном решении задачи о деформировании для выбора рациональных параметров конструкции, обеспечивающей восстановление естественной подвижности зубного ряда.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены следующие задачи исследования:

- разработать математическую модель перемещений естественных и искусственных элементов зубочелюстной системы при статических и множественных импульсных нагрузках;
- оценить точность и достоверность результатов математического моделирова-

ния:

- провести с помощью построенной модели параметрическое исследование перемещений элементов зубочелюстной системы при статических нагрузках и амплитуд колебаний, возникающих при множественных импульсных нагрузках;
- разработать алгоритм решения задачи рационального проектирования шинирующих и протезирующих конструкций при ограничениях на подвижность элементов зубочелюстной системы.

Методы исследования основаны на использовании:

- апробированных методов механики деформируемого твердого тела,
- методов решения задач динамики конструкций,
- методов статистической обработки результатов экспериментов.

Научные положения, защищаемые автором

- Математическая модель вязкоупругого поведения элементов зубочелюстной системы при динамической множественной импульсной нагрузке.
- Алгоритм решения задачи о колебаниях элементов зубочелюстной системы с учетом шинирования и наличия замещающих конструкций при множественной импульсной нагрузке.
- Алгоритм решения задачи о колебаниях протезирующих элементов зубочелюстной системы при множественной импульсной нагрузке.
- Количественная зависимость максимальных перемещений элементов зубочелюстной системы при импульсном нагружении от характеристик вязкоупругости и геометрических размеров элементов зубочелюстных систем, в том числе с учетом протезирующих и шинирующих конструкций.
- Методика рационального выбора конструкционных параметров протезирующих и шинирующих конструкций, обеспечивающих полное или частичное восстановление физиологической функции периодонта.

Обоснованность и достоверность научных положений и результатов

обеспечена корректным использованием апробированных методов построения математических моделей, классических положений теории вязкоупругости, теории упругости, исследованием точности численных решений и согласованностью результатов расчетно-теоретического исследования с данными испытаний.

Научная новизна работы состоит в том, что:

1. Построена математическая модель вязкоупругого поведения элементов зубочелюстной системы при динамической нагрузке.
2. Разработан алгоритм решения задачи о колебаниях элементов зубочелюстной системы с учетом шинирования и наличия замещающих конструкций при множественной импульсной нагрузке.
3. Получена количественная зависимость максимальных перемещений при импульсном нагружении от характеристик вязкоупругости и геометрических размеров элементов зубочелюстных систем, в том числе с учетом замещающих и шинирующих конструкций.
4. Разработана методика рационального выбора конструкционных параметров замещающих и шинирующих конструкций, обеспечивающих полное или

частичное восстановление физиологической функции периодонта.

Практическая ценность работы заключается:

- в разработке программных средств для параметрических исследований вязкоупругого поведения элементов зубочелюстных систем, в том числе стоматологических конструкций;
 - в возможности использования полученных количественных оценок для рационального проектирования стоматологических конструкций,
- и подтверждена справкой о внедрении.

Работа выполнялась в соответствии с планом НИР Новокузнецкого филиала-института Кемеровского государственного университета.

Реализация работы. Разработанные алгоритмы реализованы в виде компьютерной программы «Конструктор ЗЧС» и внедрены в стоматологической клинике «Карат» в 2009 г., что подтверждено справкой об использовании результатов работы (методики математического моделирования, результатов параметрического исследования и рекомендаций по рациональному проектированию). Часть результатов работы используется в учебном процессе при проведении лабораторного практикума по дисциплине «Геометрическое моделирование» и «Вычислительный эксперимент» для студентов специальности 010501 «Прикладная математика и информатика», а также в курсе научно-исследовательской работы студентов.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на 7-й Всероссийской научной конференции «Краевые задачи и математическое моделирование», 5 Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации», V Всероссийской научно-практической конференции «Недра Кузбасса. Инновации», VI межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 8-й Всероссийской научной конференции «Краевые задачи и математическое моделирование», Всероссийской конференции «Деформирование и разрушение структурно-неоднородных сред и конструкций» (Новосибирск, 2006), VII межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых; XIX и XV Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (Москва-Алушта 2005 и 2007г.), научном семинаре «Численно-аналитические методы решения краевых задач» в НФИ КемГУ (2006, 2007, 2009, 2010 г.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 1 – в рецензируемом периодическом издании.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 162 наименований. Общий объем диссертации составляет 126 страниц, в том числе 61 рисунка и 5 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования рационального проектирования вязкоупругих стоматологических конструкций, сформулированы цель и задачи исследования и защищаемые положения.

Первая глава содержит аналитический обзор строения зубочелюстной системы как механической системы, а также обзор физико-механических

свойств элементов зубочелюстной системы. Проводится анализ параметров состояния элементов зубочелюстных систем и моделей для их определения. Отмечается, что задача рационального проектирования стоматологических конструкций изучена до сих пор недостаточно. Анализируются требования к параметрам и характеристикам стоматологических конструкций. Свойства биологических тканей пародонта и рациональное проектирование стоматологических конструкций изучалось в многочисленных исследованиях, наиболее значимый вклад в данном направлении внесли В.Э. Гюнтер, М.З. Миргазизов, М.Ю. Няшин, П.С. Юдин, С.П. Казаков. В известных работах были построены теоретические основы математического моделирования поведения элементов зубных рядов.

Активное взаимодействие инженерных и стоматологических наук ведется на протяжении нескольких последних десятилетий. Исследования механического поведения, динамики и прочности стоматологических конструкций позволили значительно повысить их качество, прочность и долговечность. В настоящее время усиливается интерес к новым аспектам физико-механических свойств стоматологических конструкций, касающимся обеспечения физиологической естественности восстановленного зубного ряда, так, чтобы протезированные или усиленные шинами элементы имели механические свойства, близкие к естественным зубам конкретного пациента.

Таким образом, описание механического поведения зубочелюстных систем требует формулировки математических моделей, на основе которых могут быть найдены количественные закономерности, необходимые для рационального проектирования стоматологических конструкций.

Такие модели можно классифицировать по различным признакам, из которых наиболее существенными представляются способ учета геометрии зуба и стоматологической конструкции, а также вид определяющих соотношений конструкционных материалов и биологических тканей. Важен также способ получения и решения разрешающих уравнений, который имеет решающее значение с точки зрения приближения к реальности в учете геометрии и физико-механики.

Во второй главе разработаны математические модели перемещений естественных и искусственных элементов зубных рядов под воздействием статических и динамических нагрузок. В качестве динамических рассматривались множественные импульсные нагрузки, используемые при диагностике методом периотестирования. Объект моделирования представляет собой консольно закрепленную балку для протезирующего элемента и балку, защемленную по краям, для шинирующего элемента (см. рисунок 1).

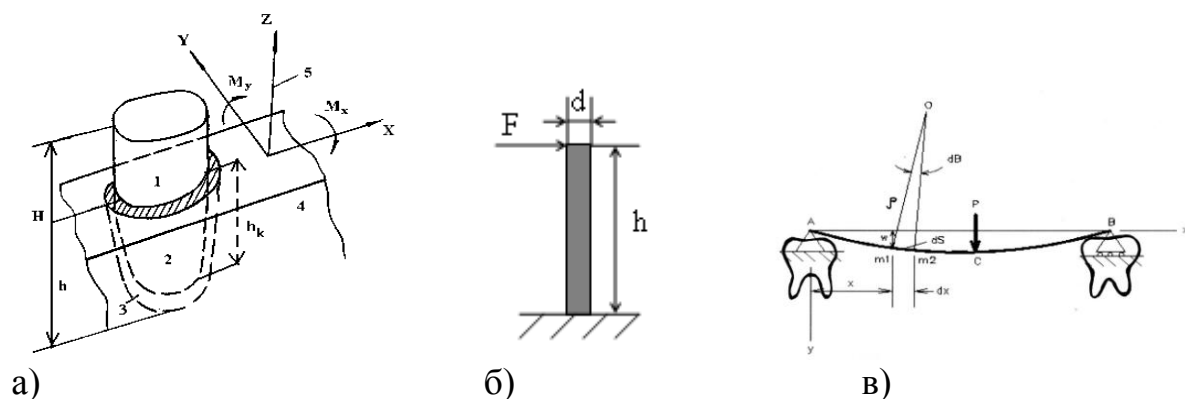


Рисунок 1 – элементы зубного ряда: а) зуб, б) протез, в) шина

Модель перемещений естественного элемента ЗЧС получена в виде дифференциального уравнения с матричными коэффициентами, которые зависят от настроечных коэффициентов, определяемых из экспериментов по статическому и низкоскоростному динамическому нагружению:

$$M\ddot{U} + L\dot{U} + KU = F \quad (1)$$

где M – матрица масс, L – матрица демпфирования, K – матрица жесткости, F – действующие нагрузки, $\ddot{U}$, $\dot{U}$, U – ускорения, скорости, и перемещения соответственно.

Модель перемещений протезирующего элемента построена на основе представления его в виде короткой балки, консольно закрепленной в челюсти. Матричные коэффициенты уравнения (1) для протезирующего элемента рассчитываются согласно разработанной методике. Полученные дифференциальные уравнения движения легко разрешимы аналитически, что позволяет достаточно просто определять коэффициент демпфирования путем обработки данных эксперимента по нагружению единичным импульсом и соотнести условные (балльные) показания периотеста с объективными параметрами – перемещениями.

После настройки коэффициентов можно описать перемещения протезирующего элемента под действием импульсной нагрузки уравнением:

$$M\ddot{U} + rM\dot{U} + KU = F\delta(t), \quad U(0) = 0, \quad \dot{U}(0) = 0. \quad (2)$$

Модель перемещений шинирующего элемента построена на основе дифференциального уравнения динамического изгиба балки на двух опорах в крайних сечениях:

$$M\ddot{U} + rM\dot{U} + KU = F\delta(t), \quad U(0) = 0, \quad \dot{U}(0) = 0, \quad U(L) = 0, \quad \dot{U}(L) = 0 \quad (3),$$

где в правой части $\delta(t)$ – дельта-функция, моделирующая нагрузку единичным импульсом.

В качестве динамических рассматривались множественные импульсные нагрузки, характерные для периотестирования, используемого в клинической практике для диагностики зубочелюстной системы, что создает предпосылки к разработке методики рационального проектирования протезирующих и шинирующих конструкций под конкретного пациента.

Численное решение (3) обычными методами вызывает затруднения по следующим причинам. Импульсная нагрузка в правой части приводит к значи-

тельным ускорениям; малая частота следования импульсов требует находить решение на интервале достаточно большой продолжительности; в то же время высокая жесткость конструкции вместе с относительно малой массой делают собственные частоты настолько высокими (порядка 10^6 Гц и выше), что система уравнений становится жесткой, поэтому для решения (3) необходимо использовать численно-аналитический метод, свободный от накопления погрешности.

Разработанный алгоритм решения основан на разложении решения системы уравнений по собственным векторам пары матриц жесткости и масс. Учитывая, что высокочастотные собственные колебания в системе затухают быстрее низкочастотных, будем удерживать в разложении несколько векторов, соответствующих наименьшим собственным частотам; число удерживаемых векторов определим путем численных экспериментов на контрольных примерах, что подразумевает решение обобщенной проблемы собственных значений:

$$K \cdot Z = -\lambda M \cdot Z \quad (4)$$

где Z – квадратная матрица, состоящая из нормированных собственных векторов пары матриц K и M . Тогда перемещения протезирующих элементов будут найдены в виде линейной комбинации $u(t) = \alpha_1(t)z_1 + \alpha_2(t)z_2$, где $\alpha_i(t) = e^{\lambda t} (c_1 \sin \omega_i t + c_2 \cos \omega_i t)$. Константы c_1, c_2 могут быть вычислены, используя начальные условия. Тогда перемещения элементов зубочелюстной системы при множественной импульсной нагрузке могут быть рассчитаны как:

$$U(t) = \sum_k u(t - \tau(k-1)) \quad (5)$$

где τ – время между импульсами, k – число импульсов.

Для получения перемещений при множественном импульсном нагружении достаточно найти линейную комбинацию решений вида

$$U(t) = \sum_{i=0}^{N-1} \begin{cases} 0, & t < i \cdot \Delta t \\ \sum_k \frac{\dot{\alpha}_k(0)}{\omega_k} e^{-\frac{r}{2} \left(t - i \cdot \Delta t \right)} \sin \omega_k \left(t - i \cdot \Delta t \right), & t \geq i \cdot \Delta t \end{cases} \quad (6),$$

где α – решение дифференциального уравнения

$$\mu_k \ddot{\alpha}_k + r \mu_k \dot{\alpha}_k + \aleph_k \alpha_k = 0, \quad \alpha_k(0) = 0, \quad \dot{\alpha}_k(0) = \frac{1}{\mu_k} Z_k^T P \quad (7).$$

В данном уравнении P – вектор начальных узловых импульсов, содержащий единственную ненулевую компоненту на нагруженной степени свободы, равную произведению массы и скорости бойка периотеста, а $\aleph, \mu$ – диагональные матрицы, такие, что

$$KZ = \aleph Z, \quad MZ = \mu Z. \quad (8)$$

Сопоставление результатов вычисления перемещений при импульсной нагрузке разностной схемой, и описанным выше численно-аналитическим методом, выполнено на рисунке 2.

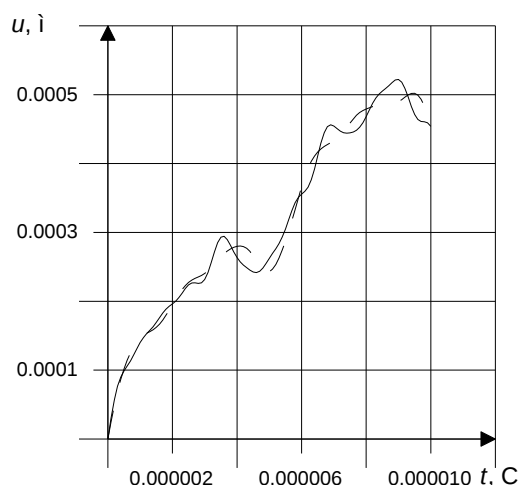


Рисунок 2 – Сравнение результатов численного и аналитического решений

Как видно из сопоставления графиков, при очень малом шаге по времени (порядка 10^{-7} C) оба решения хорошо согласуются.

В третьей главе с использованием разработанных моделей, алгоритмов и программ проводится расчетно-теоретическое исследование максимальных перемещений элементов зубных рядов и стоматологических конструкций. Параметры определяющих соотношений упругости и вязкоупругости определяются путем параметрической идентификации натурным экспериментом. Эксперименты заключались в приложении множественной импульсной нагрузки прибором «Периотест» к центральной части коронки по нормали к поверхности зуба, как показано на рисунке 3.3, и снятии показаний прибора.

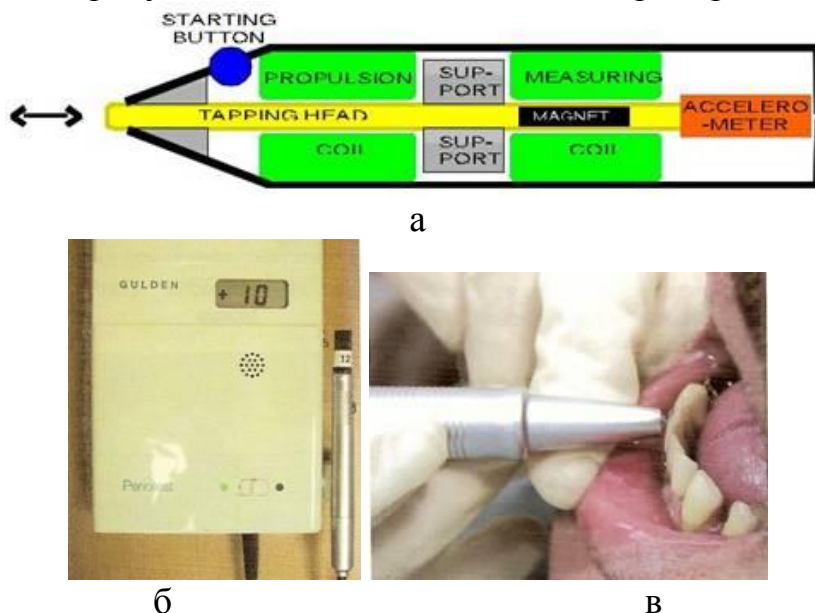


Рисунок 3 – Периотестирование: а – схема прибора «Периотест» в разрезе, б – общий вид измерительного блока, в - приложение множественной импульсной нагрузки

Далее в третьей главе анализируется напряженно-деформированное состояние шинирующих конструкций различных геометрических характеристик и проводится параметрическое исследование прогибов при изменении конструк-

тивных параметров и исследуются закономерности длительного квазистатического деформирования шинирующей и замещающей конструкции при различных видах определяющих соотношений.

На рисунке 4 приведен пример параметрического исследования перемещений первого моляра верхней челюсти у женщин до и после шинирования, с варьированием диаметра шинирующей конструкции и модуля упругости периодонта.

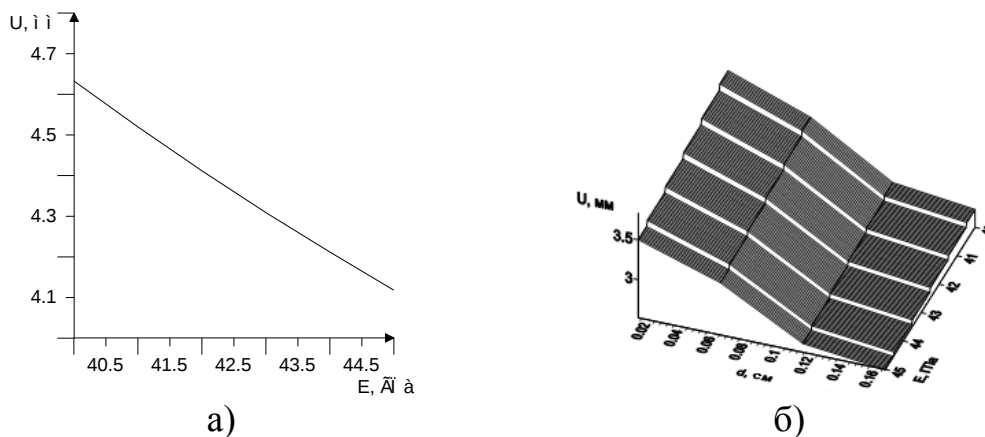


Рисунок 4 – Амплитуды перемещений первого моляра верхней челюсти у женщин при перитестировании: а - до шинирования, б - после шинирования

Как видно из рисунка, до шинирования диаметр конструкции не может повлиять на перемещения, но при увеличении модуля упругости периодонта перемещения уменьшаются линейно. В то же время при внедрении шины минимального диаметра, перемещения даже при минимальном модуле упругости становятся меньше почти на 40%, и в дальнейшем при увеличении диаметра шинирующей конструкции амплитуды уменьшаются. Таким образом, можно установить рекомендуемый диапазон конструктивных параметров шины для конкретного пациента.

Выясним зависимость перемещений протезов от их конструктивных параметров. При этом учтем, что протезирующий элемент, кроме собственной податливости, закреплен на податливом основании.

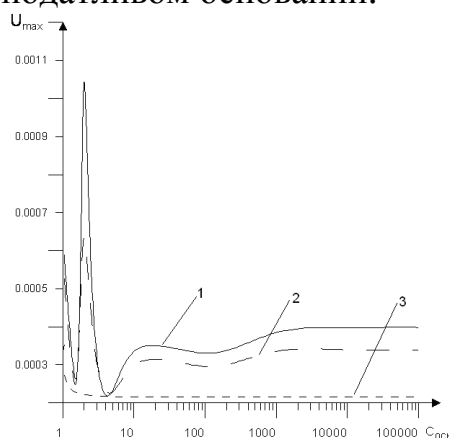


Рисунок 5 – Зависимости максимальных перемещений от жесткости основания при коэффициентах демпфирования: 1- $r = 0,7$, 2- $r = 1$, 3- $r = 100$.

С уменьшением коэффициента демпфирования зависимость становится

более сложной; на кривых 1 и 2 отчетливо видны максимумы, соответствующие резонансам протезирующей конструкции с вибрациями периотеста. Но также представляют значительный интерес количественные закономерности изменения перемещений во времени при множественной импульсной нагрузке, характерной для периотестирования.

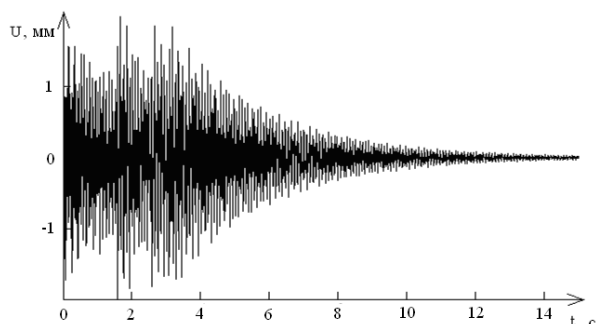


Рисунок 6 – Зависимость перемещений протезов в зависимости от времени при заданном коэффициенте демпфирования ($\gamma = 0,7, U_{\max} = 2,0421$ мм)

Применение математической модели, разработанной в главе 2, к расчету перемещений естественных, шинированных и протезированных элементов зубных рядов показало, что модель чувствительна как к параметрам биологических тканей, так и к вариации конструктивных параметров стоматологических конструкций.

Найдено, что по результатам измерения подвижности зубов при статической нагрузке может быть идентифицирован модуль упругости периодонта. По данным периотестирования путем анализа скорости затухания колебаний может быть оценен коэффициент демпфирования. Таким образом, модель может быть настроена на конкретного пациента при диагностике.

В четвертой главе описываются конструктивные особенности искусственных элементов зубного ряда, изготовленных из вязкоупругого материала, приводится внешний вид протезирующих и шинирующих элементов зубных рядов.



Рисунок 7 – внешний вид протезирующих и шинирующих зубочелюстных конструкций: а) протезы, б) шины

Полученные результаты используются для разработки алгоритмов рационального проектирования стоматологических конструкций, предназначенных для шинирования и протезирования ослабленного зубного ряда. Алгоритмы рационального проектирования разрабатываются на основе анализа модели «черного ящика», исходя из которой, сначала мы получаем адаптированную схему рационального проектирования конструкций, уточнив возникающие воздейст-

вия, входные параметры, и отслеживаемые отклики, а затем на ее основе разрабатывается алгоритм рационального проектирования стоматологических конструкций.

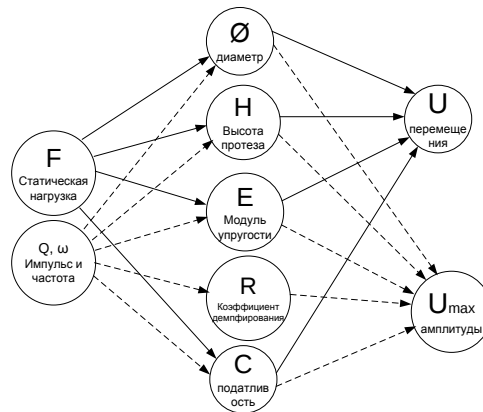


Рисунок 8 – Схема определения параметров протезирования

На рисунке 8 сплошной линией обозначены модельные связи в случае статической модели деформирования, пунктиром обозначены модельные связи в случае динамических, а именно множественных импульсных нагрузок. Приведем алгоритм рационального проектирования протезов на рисунке 9.

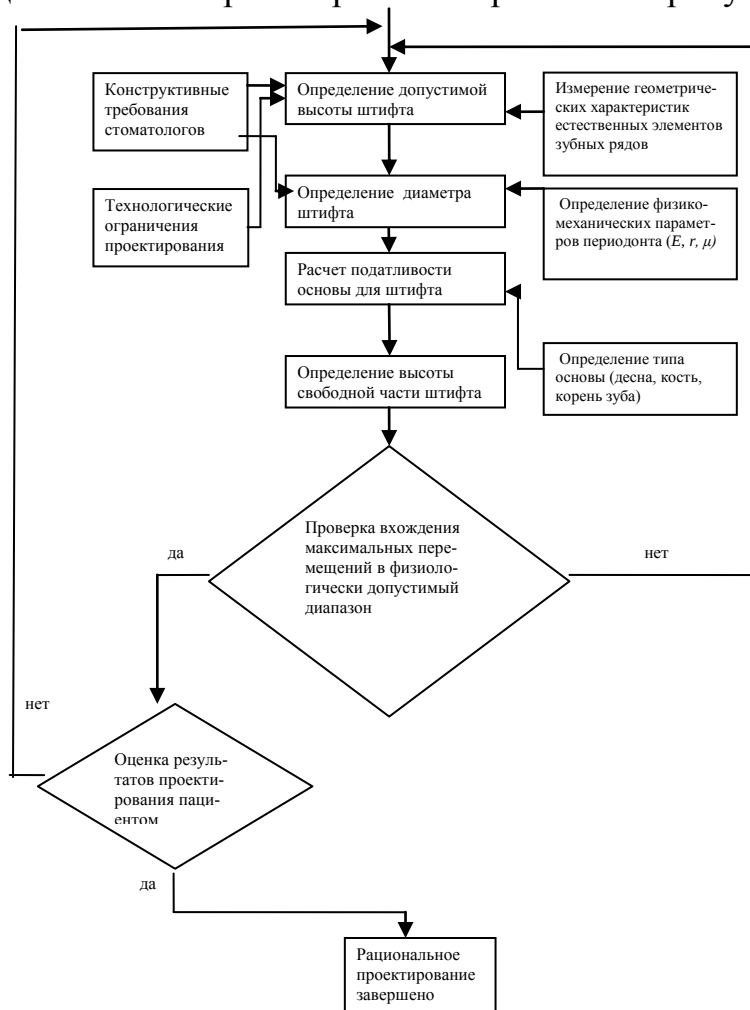


Рисунок 9 – Алгоритм рационального проектирования протезирующих конструкций

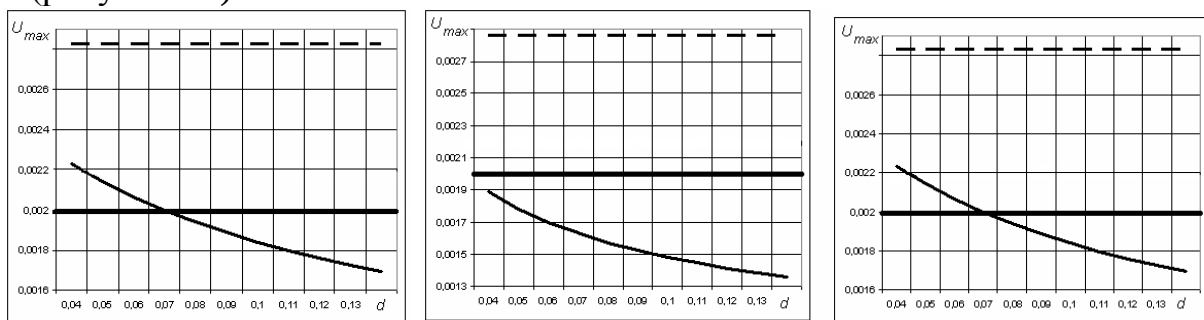
Согласно данному алгоритму, первоочередной задачей является для каждого конструируемого протеза определение допустимой длины штифта. Эта задача решается с учетом конструктивных требований, и с учетом технологических ограничений проектирования. Это производится путем измерения геометрических характеристик естественных элементов зубного ряда. Высота протеза может быть выполнена больше, чем длина штифта, за счет увеличения коронковой части. Для полученной допустимой высоты штифта определяется допустимый диаметр конструкции, для чего предварительно определяются физико-механические параметры периодонта – модуль упругости E , коэффициент Пуассона μ , коэффициент демпфирования r . Зная физико-механические параметры периодонта, и учитывая конструктивные требования стоматологов (отклонение штифта при действии нагрузки не должно превышать физиологических допустимого), рассчитывается диаметр. После этого выполняется расчет податливости основы протезирующего элемента с учетом типа основы, и затем, корректируя параметры податливости, определяется высота свободной части штифта. Это необходимо для расчета расхода материалов для изготовления коронковой части протеза.

После этого выполняется проверка на подвижность стоматологического протеза. Если перемещения оказываются физиологически недопустимыми, то процесс рационального проектирования начинается сначала.

После изготовления спроектированного протеза его подвижность проверяется перитестированием. На этой стадии ещё возможна отстройка от резонансов путем увеличения или уменьшения массы коронковой части. И уже после этого учитывается мнение пациента – насколько комфортно расположен и функционирует разработанный протез. Замечания пациента обычно требуют «косметической» доработки коронковой части, что не является предметом настоящей работы.

Аналогичным образом разрабатываются схема определения параметров шинирования и алгоритм рационального проектирования шинирующей конструкции.

Оценим действие разработанных алгоритмов на примере анализа максимальных перемещений зубов до шинирования, а также перемещения зубов, возникающие после шинирования при статической нагрузке. Результаты проведенной серии расчетов при варьировании диаметра шины отражены на графиках (рисунок 10).



а) 1 зуб - клык б) 2 зуб - первый премоляр в) 3 зуб - второй премоляр
Рисунок 10 – Зависимость статического прогиба от диаметра шины

Алгоритмы рационального проектирования были реализованы в компьютерной программе «Конструктор ЗЧС». Интерфейс программы представлен на рисунке 11.

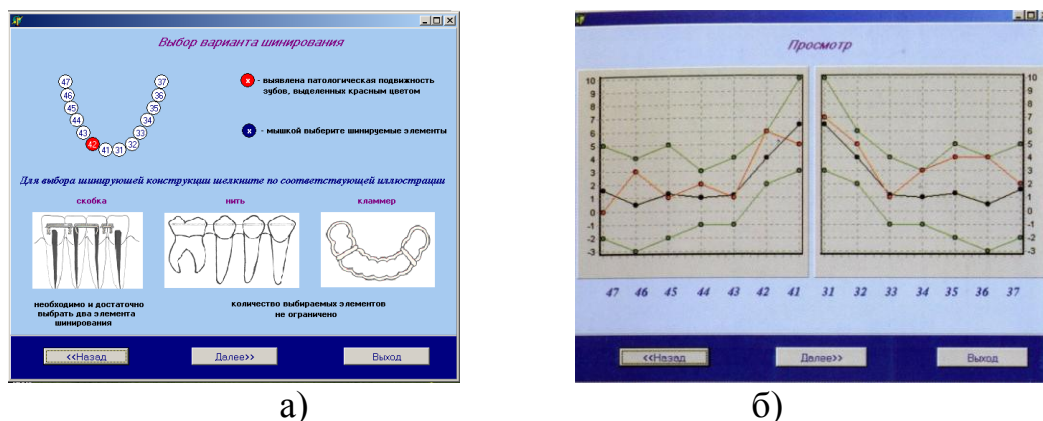


Рисунок 11 – Интерфейс программы «Конструктор ЗЧС»

а) выбор варианта шинирования,
б) проверка результатов шинирования

При необходимости стоматолог может отредактировать значения геометрических характеристик элементов зубочелюстного ряда. На рисунке 11, б) представлены кривые проверки совпадения измерений периотестметрии у данного пациента с допустимым диапазоном показаний Periotest, необходимые для оценки качества стоматологической конструкции.

В **заключении** приведены выводы и основные результаты работы:

1. Построена математическая модель перемещений естественных элементов зубочелюстных рядов, протезирующих и шинирующих конструкций, в которых учитывается податливость шинируемых зубов, а вязкоупругое поведение периодонта и стоматологической конструкции имитируется добавлением в модель слагаемых, учитывающих демпфирование.
2. Получено численно-аналитическое решение задачи о колебаниях вязкоупругих стоматологических конструкций при периотестировании, на основе которого разработан алгоритм, позволяющий определять амплитуды колебаний в произвольно больших интервалах времени.
3. Проведено параметрическое исследование перемещений элементов зубочелюстных рядов при статических и динамических нагрузках, позволившее изучить поведение естественных зубов и оценить неизвестные механические показатели шинирующих и протезирующих конструкций.
4. Проведенное параметрическое исследование показало невозможным выделение какого-либо параметра, преимущественно влияющего на исследуемую систему рационального проектирования зубных элементов. Все определяющие коэффициенты являются значимыми при проектировании.
5. Установлено, что показания прибора Periotest, используемого при диагностике, не находятся в функциональной зависимости от максимальных перемещений элементов зубочелюстной системы. Получена регрессионная зависимость и оценена доля дисперсии, описываемая линейной и квадратичной рег-

рессионной моделью. На интервале показаний прибора от 20 единиц квадратичная регрессионная модель более адекватна, чем линейная.

6. Разработаны алгоритмы определения конструктивных параметров протезирующих и шинирующих конструкций при ограничениях на подвижность элементов зубочелюстной системы с использованием результатов диагностики конкретного пациента.

7. Точность и достоверность результатов математического моделирования достаточны для использования в стоматологической практике и подтверждены при внедрении результатов работы.

Разработанные алгоритмы реализованы в виде компьютерной программы «Конструктор ЗЧС» и используются в ООО «Стоматологическая клиника «Карат», г. Новокузнецк, что подтверждено справкой об использовании результатов работы (методики математического моделирования, результатов параметрического исследования и рекомендаций по рациональному проектированию).

Данные о внедрении результатов работы приведены *в приложении*. Основные результаты работы могут представить интерес для предприятий, занимающихся проектированием, исследованием и производством стоматологических конструкций с применением вязкоупругих материалов на основе сплавов никелида титана.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи в изданиях из перечня ВАК России:

1. Корнева О.С. Смещение элементов зубного ряда при тестовых импульсных нагрузках [Текст] / Корнева О.С., Казаков С.П. // Вестник Томского государственного университета №19, декабрь 2006г. Приложение: Материалы международных, всероссийских и региональных научных конференций, симпозиумов, школ, проводимых в ТГУ. С.95-100.

Статьи в других изданиях:

2. Корнева О.С. Создание интерфейса для компьютерного конструирования устройств иммобилизации дефектов зубного ряда [Текст] / О.С. Корнева, С.П. Казаков, П.С. Юдин // Успехи современного естествознания. Научно-теоретический журнал, – 2004. – №6. (том 2). С.126-127.

3. Корнева О.С. Исходные этапы математического моделирования при обосновании конструкций зубных протезов [Текст] / Казаков С.П., Польшова О.П. // Сб. тр. 7-й Всерос. науч. конф. 4 декабря – 5 декабря 2004 г. Краевые задачи и математическое моделирование. – 2004. НФИ КемГУ, С. 89-91.

4. Корнева О.С. Математические модели шинирующих конструкций в стоматологии [Текст] / Корнева О.С., Польшова О.П. // Сб. тр. 7-й Всерос. науч. конф. 4 декабря – 5 декабря 2004 г. Краевые задачи и математическое моделирование. – 2004. НФИ КемГУ, С. 91-92.

5. Корнева О.С. Математическая модель динамики перемещения зубов [Текст] / Корнева О.С., Польшина О.П. // Сб. тр. 7-й Всерос. науч. конф. 4 декабря – 5 декабря 2004 г. Краевые задачи и математическое моделирование. – 2004. НФИ КемГУ, С. 92-94.
6. Корнева О.С. Математическое моделирование перемещений элементов зубных рядов [Текст] / Корнева О.С., Казаков С.П. // Материалы XIV Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС-2005), Алушта, Крым, 25-31 мая 2005г., - М.: Вузовская книга, 2005. – 482с.: ил, с.201-203.
7. Корнева О.С. Математическое моделирование в ортопедической стоматологии [Текст] / Казаков С.П., Корнева О.С., Юдин П.С., Польшина О.П. // Вестник КемГУ №3(23) 2005, С. 49-54.
8. Корнева О.С. Конструирование матрицы жесткости для решения задачи по деформированию вязкоупругой системы элементов зубного ряда [Текст] / Корнева О.С. // Наука. Технологии. Инновации. Материалы Всерос. научн. конф. молодых ученых в 7 частях. Новосибирск: изд-во НГТУ, 2006, часть 1, С. 138-140.
9. Корнева О.С. Задача деформирования вязко-упругой системы элементов зубного ряда [Текст] / Корнева О.С., Казаков С.П. // Недр Кузбасса. Инновации: Труды V Всероссийской научно-практической конференции. Кемерово: ИНТ, 2006, С. 126 - 127.
10. Корнева О.С. Построение математической модели колебаний балки из сверхэластичного сплава под воздействием множественной импульсной нагрузки [Текст] / Корнева О.С. // VII Межрегиональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов. Ч.1. Доклады аспирантов и молодых ученых / НФИ КемГУ; под. общ. ред. Ф.И.Иванова, С.А.Шипилова. – Новокузнецк, 2007. – 186с, с. 41-43.
11. Корнева О.С. Применение периотестметрии для определения вязкоупругих параметров сверхэластичных сплавов, используемых в стоматологии [Текст] . // Деформирование и разрушение структурно-неоднородных сред и конструкций: тез. докл. Всерос. конф. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – С. 11
12. Корнева О.С. Параметрическое исследование перемещений протезирующих элементов зубных рядов при кратковременных множественных импульсных нагрузках [Текст] / Корнева О.С. // Сб. тр. 10-й Всерос. науч. конф. 26 ноября – 27 ноября 2010 г. Краевые задачи и математическое моделирование. – 2010. НФИ КемГУ, С. 166-170.

Корнева Ольга Сергеевна

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ
ШИНИРУЮЩИХ И ПРОТЕЗИРУЮЩИХ
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Формат 60x90 1/16. Бумага писчая.
Ризография
Уч.-изд.л 1,0 Тираж 100 экз.
Подписано в печать 01.11.2010г.

Новокузнецкий филиал-институт ГОУ ВПО
«Кемеровский государственный университет»

654041, Новокузнецк, ул.Кутузова, 56
Редакционно-издательский отдел