

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Никитина Владислава Николаевича**
«Биомеханическое моделирование коррекции прикуса зубочелюстной системы человека»,

представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.02.08 – «Биомеханика»

Тема диссертационной работы, безусловно, представляет несомненный интерес и является **актуальной**. Анализ состояния и функционирования любой системы и органа в человеческом организме в норме и при патологии имеет важное значение для разработки методов их лечения, коррекции, а также прогнозирования результатов лечения или коррекции. Тематика диссертации затрагивает проблемы влияния изменений элементов зубочелюстной системы на состояние и функционирование самой системы, так и влияние изменений зубочелюстной системы на окружающие системы организма, в частности на кровоснабжение головного мозга. В диссертационной работе отмечается, что во многом состояние и функционирование зубочелюстной системы и ее элементов зависит от усилий, возникающих в ней. В работе подчеркивается, что прикус входит в перечень основных параметров зубочелюстной системы. Прикус отражает состояние и функционирование всей зубочелюстной системы, в частности усилий жевательных мышц и реакций височно-нижнечелюстных суставов. Диссертация В.Н. Никитина посвящена разработке методики коррекции прикуса зубочелюстной системы человека на основе биомеханического моделирования, анализу возникающих в ней нагрузок и их зависимость от прикуса, исследованию влияния прикуса на напряжения в зубочелюстной системе и разработке алгоритма коррекции прикуса, параметры которого были выбраны стоматологом.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 162 источников.

Во **введении** дана краткая характеристика диссертации, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы направления и цели работы, перечислены основные положения, выносимые автором на защиту. Описана научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Приведены сведения об основных публикациях и апробации результатов диссертационной работы, отражающих содержание диссертации.

В **первой главе** диссертантом представлен обзор литературы, в котором подробно отражена значимость зубочелюстной системы, которая является многоуровневой структурой, включающей в себя мягкие и твердые

ткани. Приведены рисунки, поясняющие анатомическое строение зубочелюстной системы. Приведены схемы, отражающие факторы, влияющие на формирование и развитие зубочелюстных аномалий в разном возрасте человека (от рождения до 16-20 лет и более). Особое внимание уделено височно-нижнечелюстному суставу, положение его диска. Рассмотрен механизм влияния положения диска относительно суставных поверхностей на состояние внутренней сонной артерии, участвующей в мозговом кровоснабжении. Рассмотрены методы диагностики зубочелюстной системы человека и обосновано применение магнитно-резонансной томографии (общего режима) и телерентгенографии как методов получения индивидуальных данных параметров прикуса, отвечающих за расположение нижней челюсти по отношению к верхней (черепу). Анализ изображений общего и сосудистого режимов магнитно-резонансной томографии височно-нижнечелюстного сустава и внутренней сонной артерии показывает значимость положения сустава и его диска на состояние мозгового кровоснабжения по внутренней сонной артерии.

Во второй главе найдены силы жевательных мышц и реакции височно-нижнечелюстных суставов с помощью биомеханического моделирования в процессе сжатия челюстей для прикуса, параметры которого выбраны стоматологом и описываются набором независимых стоматологических параметров. В работе выделены независимые стоматологические параметры, определяющие положение нижней челюсти относительно верхней. Произведен переход от стоматологических параметров к независимым математическим (подробный вывод сделан для симметричного прикуса). Для определения усилий жевательных мышц составлены уравнения статического равновесия нижней челюсти под действием сил жевательных мышц, реакций височно-нижнечелюстных суставов и равнодействующей максимальной силы сжатия челюстей (6 уравнений). Получена статически неопределимая задача, для решения которой введен критерий оптимизации, основанный на литературных данных. Для верификации критерия рассмотрена классическая статически неопределимая задача определения усилий в трех стержнях, моделирующих двигательные элементы в голеностопе. Используя четыре различные методы, продемонстрировано, что наиболее равномерному распределению усилий в стержнях соответствует критерий минимакса. Указанные задачи решались в программном пакете Wolfram Mathematica.

Третья глава посвящена анализу биомеханических нагрузок в зубочелюстной системе, влияющих на костную ткань нижней челюсти и диски височно-нижнечелюстных суставов. Уделено внимание анализу положения диска височно-нижнечелюстного сустава при сомкнутых челюстях, рассмотрены различные варианты положения диска относительно

суставных поверхностей. Для определения напряженно-деформированного состояния нижней челюсти и диска височно-нижнечелюстного сустава записана система уравнений линейной теории упругости. Исследованы влияние точки приложения суставной реакции на распределения усилий мышц по отношению к их максимальным значениям. Оценено влияние граничных условий на распределение напряжений в костной ткани нижней челюсти при рассмотрении двумерной модели нижней челюсти. Костная ткань нижней челюсти и диска височно-нижнечелюстного сустава выбраны как линейно-упругие и изотропные. Производится анализ влияния различных вариантов граничных условий, геометрии и свойств зубов, учет периодонта в программе ANSYS. Полученные величины напряжений в области мышечка и диска височно-нижнечелюстного сустава сравниваются с допустимыми для анализа возникновения патологических изменений в них. Показано, что изменение прикуса влияет на распределение напряжений, т.е. на появление патологических изменений в костной ткани нижней челюсти и диске височно-нижнечелюстного сустава.

В четвертой главе поставлена и решена задача биомеханического управления коррекцией прикуса, назначенного стоматологом. Используя магнитно-резонансную томографию, для прикуса получены геометрия нижней челюсти, суставных поверхностей и диска височно-нижнечелюстного сустава, координаты крепления мышц к челюсти и черепу, а также их размеры поперечных сечений. Найден набор независимых стоматологических параметров, определяющих положение нижней челюсти и влияющих на напряженно-деформированное состояние элементов зубочелюстной системы. При назначении положения прикуса стоматолог выбирает значения параметров прикуса, принадлежащие их физиологическим диапазонам. Поскольку он не может оценить напряжения в костной ткани и усилия во всех жевательных мышцах в процессе коррекции прикуса, то нет объективности в в правильном выборе прикуса для конкретного пациента. Физиологическая норма диапазонов стоматологических параметров представлена m -мерным параллелепипедом Π_m . В работе рассматривается симметричный случай окклюзии, то $m = 3$. Автор находит такой набор параметров прикуса U , принадлежащих диапазону физиологической нормы, при котором значение целевой функции M^* стремится к минимуму, т.е. среди всех элементов множества M выбирается наименьшее значение. Ему соответствуют величины независимых стоматологических углов, которые являются оптимальными для конкретного случая. Автор представил для наглядности геометрический образ множества M , где каждому элементу множества M соответствует вектор, состоящий из усилий жевательных мышц, компонент реакций височно-нижнечелюстных суставов, распределений напряжений в нижней челюсти и

диске височно-нижнечелюстного сустава, которые определяются значениями независимых стоматологических параметров.

Пятая глава посвящена практической реализации разработанной методики коррекции прикуса зубочелюстной системы. Разработанная методика коррекции прикуса на основе биомеханического моделирования основана на оценке состояния зубочелюстной системы пациента стоматологом с последующим предложением ему проведения магнитно-резонансной томографии в общем режиме до коррекции и затем после коррекции совместно с биомеханическим моделированием. При наличии патологий предлагается провести магнитно-резонансную ангиографию (магнитно-резонансную томографию в сосудистом режиме) для оценки состояния внутренней сонной артерии и взаимного положения диска височно-нижнечелюстного сустава и указанной артерии. На примере модельной задачи рассматривались три варианта прикуса. В качестве прикуса, подлежащему уточнению, был выбран назначенный стоматологом прикус. В результате решения задачи коррекции прикуса удалось получить уточненный вариант положения прикуса путем корректировки положения нижней челюсти от начального значения. Автором выдвинуто предположение о том, что созданная процедура реализации методики уточнения прикуса должна привести к уменьшению вероятности появления патологических последствий, связанных с коррекцией прикуса.

В заключении сформулированы выводы по работе и предложения по практическому использованию полученных результатов.

Научная новизна

Научная новизна полученных результатов является несомненной. Разработана биомеханическая модель определения нагрузок в зубочелюстной системе человека с учетом напряженно-деформированных состояний нижней челюсти и диска височно-нижнечелюстного сустава, а также методика коррекции прикуса в физиологических диапазонах нормальных значений его параметров. Обосновано применение магнитно-резонансной томографии в процессе коррекции прикуса на состояние зубочелюстной системы пациента на основе данных об индивидуальном строении зубочелюстной системы и оценки влияния на кровоснабжение головного мозга по внутренней сонной артерии. Разработана методика коррекции в физиологических диапазонах значений параметров прикуса на основе количественных результатов, полученных при помощи биомеханического моделирования.

Практическая значимость

Результаты диссертации представляют несомненный научный интерес и имеют очевидное практическое значение. Предложена методика коррекции

прикуса, уточняющая выбранный стоматологом вариант в рамках существующей методики коррекции на основе биомеханического моделирования, учитывающая индивидуальные особенности зубочелюстной системы пациента. Для индивидуализации коррекции прикуса обосновано применение магнитно-резонансной томографии. Методика коррекции прикуса может использоваться в качестве пособия стоматологам для принятия окончательного варианта лечения.

Обоснованность и достоверность

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием апробированных моделей и математических методов при построении поставленных задач и их анализе, применением сертифицированного программного обеспечения ANSYS, качественным и количественным сопоставлением полученных результатов с работами других авторов и клиническими данными.

Публикации и апробирование результатов диссертационной работы

По материалам диссертации опубликовано 18 научных работ, из которых 8 статей опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК. Автореферат и публикации автора в полной мере и правильно отражают содержание диссертации.

Замечания по диссертации

1. В разделах «Распределение интенсивности напряжений в костной ткани нижней челюсти», касающихся определения напряжений в костной ткани нижней челюсти, а также в разделе «Распределение интенсивности напряжений в суставном диске и в области мышечка» в диссертации, а также в автореферате не отражено в каком конечно-элементном пакете решались задачи теории упругости и характер конечно-элементной сетки.

2. Напряжения в костной ткани определялись в плоской постановке задачи линейно-упругой теории упругости. Необходимо пояснить, как повлияет переход от плоской постановки к пространственной в рамках разработанной методики коррекции прикуса.

Заключение

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации. Работа выполнена на достойном научном уровне, характеризуется полнотой изложения и является завершенным научным исследованием. Представленные результаты в диссертации вносят существенный вклад в развитие методики коррекции прикуса зубочелюстной

системы человека путем применения биомеханического моделирования. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Диссертация В.Н. Никитина является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор **Никитин Владислав Николаевич** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08 – Биомеханика.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
энергетический университет имени В.И. Ленина»
(ИГЭУ)

доктор физико-математических наук,
доцент Маслов Леонид Борисович

153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34

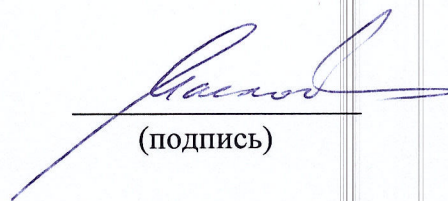
тел. (4932)26-97-12

e-mail: tipm@tipm.ispu.ru

leonid-maslov@mail.ru

11.12.2017

(дата)



(подпись)

Подпись заведующего кафедрой теоретической и прикладной механики,
доцента Л.Б. Маслова заверяю:

Ученый секретарь Совета ИГЭУ



 Ю.В. Вылгина