**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра теоретической и прикладной механики**

Коваль

 Игорь Владимирович

**Компьютерное моделирование трёхмерных напряжённо-деформированных состояний и объёмной повреждаемости зубочелюстного аппарата человека**

Дипломная работа

 Научный руководитель:

доктор физико-математических наук, профессор С.С. Щербаков

Допущен к защите

«**\_\_**» **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** 2016 г.

Зав. Кафедрой теоретической и прикладной механики доктор физико-математических наук, профессор М.А. Журавков

Минск, 2016Оглавление

**Реферат…………………………………………………………………………….3**

**Рэферат………………………………………………………………………….....4**

**Thesis……………………………………………………………………………….5**

**Ведение…………………………………………………………………………….6**

# Глава 1. Построение конечно-элементной модели…………………………..6

# 1.1) Построение геометрии……………………………………………………….6 1.2) Конечно-элементное разбиение и граничные условия…………………...11 1.3) Задание механических характеристик и нагрузок……………………..…14

1.4) Определение контактных областей..............................................................17 1.5) Поиск оптимального контакта……………………………………………..17

**Глава 2. Анализ трёхмерных НДС…………………………………………...21**

2.1) Распределение напряжений………………………………………………...21

2.2) Анализ контактного давления……………………………………………...40

**Глава 3. Объёмная повреждаемость модели. Анализ результатов………45** 3.1) Модель деформируемого твердого тела с опасным объемом объёмов……………………………………………………………………………45

3.2) Расчёт опасных объёмов…………………………………………………....46

**Заключение…………………………………………………………………...…50**

**Список литературы……………………………………………………………51**

**Приложения…………………………………………………………………….52**

#

# РЕФЕРАТ

Моделирование напряжённо-деформированного состояния при контактном взаимодействии многокомпонентной модели зубочелюстного аппарата человека / Коваль Игорь Владимирович; Механико-математический факультет, Кафедра теоретической и прикладной механики; науч. рук. С.С. Щербаков.

Дипломная работа содержит:

* 52 страниц;
* 58 иллюстраций;
* 2 приложения;
* 1 таблица
* 11 использованных источников.

Ключевые слова: ТРИБОФАТИКА, ЗУБЫ, ТРЁХМЕРНОЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ, ОБЪЁМНАЯ ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ, ОПАСНЫЙ ОБЪЁМ, МНОГОЭЛЕМЕНТНАЯ СИСТЕМА.

В дипломной работе рассматривается многокомпонентная система челюсти/зубы/дентин

Целью дипломной работы является расчет и анализ с помощью компьютерного конечно-элементного моделирования одновременных контактных взаимодействий элементов, их трехмерного напряжённо-деформированного состояния и состояния объемной повреждаемости многоэлементной системы челюсти/зубы/дентин, под действием различной нагрузки

Для достижения поставленной цели использовались:

* Пакет компьютерного конечно-элементного моделирования ANSYS Workbench
* Модель деформируемого твёрдого тела с опасным объёмом.

В дипломной работе получены следующие результаты:

* Проведено компьютерное моделирование напряжённо-деформированного состояния многоэлементной системы верхняя челюсть/ система зубов верхней челюсти с дентином/ система зубов нижней челюсти с дентином/нижняя челюсть, под действием сжимающих нагрузок различной величины.
* Рассчитаны контактные взаимодействия между элементами модели
* Определены величины опасных объёмов в зубах и элементах челюстей

Дипломная работа носит практический характер. Её результаты могут быть применены для оценки объёмной повреждаемости и зубочелюстного аппарата человека.

Дипломная работа выполнена автором самостоятельно.

**РЭФЕРАТ**

Мадэляванне напружана-дэфармаванага стану пры кантактным узаемадзеянні шматкампанентнай мадэлі зубачэлюстнога апарата чалавека / Коваль Ігар Уладзіміравіч; Механіка-матэматычны факультэт, Кафедра тэарэтычнай і прыкладной механікі; навуч. рук. С.С. Шчарбакоў.

Дыпломная праца змяшчае:

• 52 старонак;

• 58 ілюстрацый;

• 1 табліца

• 2 дадатку;

• 11 выкарыстаных крыніц.

Ключавыя словы: Трыбафатыка, зубы, трохмерны напружана-дэфармаваны стан, аб'ёмнае пашкоджанасць, небяспечны аб'ём, шматэлементная сістэма.

У дыпломнай працы разглядаецца шматкампанентная сістэма чэлюсць\зуб\дэнцін.

Мэтай дыпломнай працы з'яўляецца вызначэнне і аналіз з дапамогай камп'ютэрнага канечна-элементнага мадэлявання адначасовых кантактных узаемадзеянняў элементаў, іх трохмернага напружана-дэфармаванага стану ды стану аб'ёмнай пашкоджанасці шматэлементной сістэмы чэлюсць\зуб\дэнцін, пад дзеяннем рознай нагрузкі.

Для дасягнення пастаўленай мэты выкарыстоўвалася:

• Пакет камп'ютэрнага канечна-элементнага мадэлявання ANSYS Workbench;

• Мадэль дэфармаванага цвёрдага цела з небяспечным аб'ёмам.

У дыпломнай працы атрыманы наступныя вынікі:

• Праведзена камп'ютэрнае мадэляванне напружана-дэфармаванага стану шматэлементной сістэмы чэлюсць\сістэма зубоу верхняй чэлюсці з дэнцінам\ сістэма зубоу ніжняй чэлюсці з дэнцінам/чэлюсць, пры розных памерах сціскальнай нагрузкі;

• Разлічаны кантактнае ўзаемадзеянне паміж элементамі мадэлі;

• Вызначаны велічыні небяспечных аб'ёмаў ў зубах ды частках чэлюсці.

Дыпломная праца мае практычны характар. Яе вынікі могуць быць ужытыя для ацэнкі аб'ёмнай пашкоджанасці і зносу зубоў ды чэлюсці чалавека.

Дыпломная праца выканана аўтарам самастойна.

# THESIS

Simulation of stress-stain state during contact interaction of multicomponent model of tooth-jaw human apparate / Koval Igor Vladimirovich; Mechanics and Mathematics Faculty, Department of Theoretical and Applied Mechanics; supervisor SS Shcherbakov.

Research contains:

* 52 pages;
* 58 images;
* 1 table;
* 2 attachments,
* 11 used sources.

Keywords: TRIBO-FATIGUE, TOOTH 3D STRESS-STAIN STATE, VOLUME DAMAGEBILITY, DAMAGED VOLUME, MULTIPLE SYSTEM.

In the graduate work considered multicomponent system jaw\tooth\dentine.

Goal of the graduate work is determination and analysis using finite-element modelling of simultaneous contact interactions of the elements, their 3d stress-strain state and state of volume damageability of the multielement system jaw\tooth\dentine which is loaded by different forces.

The next instruments are used to achieve this goal:

* Package for computer finite-element modelling ANSYS Workbench
* Model of a solid mechanics with damaged volume.

Next results are obtained in this graduated work:

* Computer simulation of stress-stain state of the multielement system jaw\tooth\dentine which was loaded by different forces.
* Contact interaction between the tooth and jaw as well as spatial distribution of components of strass-stained state are calculated
* Values of damaged volume and integral damageability inside tooth and jaw in the neighborhood of their contact interaction are defined

The thesis has practical nature. Its results can be applied to estimate volume damagability and wear of the tire protector and asphalt.

Graduate work was performed by the author himself.