

## ОТЗЫВ

научного руководителя, доктора физ.-мат. н., профессора, заведующего кафедрой био- и наномеханики механико-математического факультета Белорусского государственного университета Михасева Геннадия Ивановича на диссертацию Никитина Андрея Викторовича «Конечно-элементные и математические модели биомеханических систем кость-имплант при бесцементном эндопротезировании», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08-Биомеханика.

Диссертационная работа посвящена построению конечно-элементных и математических моделей биомеханических систем «кость-пористый титан» с целью выработки методики расчета напряженно-деформированного состояния биомеханической системы «кость-эндопротез» при бесцементном эндопротезировании под действие приложенных статических нагрузок, а также для установления закономерностей поведения образованного в результате процесса остеоинтеграции биокомпозита и определения модуля Юнга биокомпозитной вставки как изотропного материала, зависящего от его размера и показателя пористости.

Исследования по теме диссертации выполнялись в рамках задания 1.19 «Математическое моделирование био-, нано- и геопроцессов в механике» в рамках ГПНИ «Конвергенция» (сроки исполнения 2016–2020 гг., номер государственной регистрации 20161714 от 19.05.2016).

Тема диссертации актуальна, поскольку вопросы выживаемости эндопротезов и долговременной эксплуатации имеют большое экономическое значение, так как связаны с обеспечением полного и активного образа жизни пациента. Следует отметить, что несмотря на обширную область исследований, связанных с моделированием биосовместимых пористых материалов, работы, которые описывают влияние эффекта врастания костных тканей на прочностные характеристики имплантата на основе пористого титана с *открытыми порами* практически отсутствуют. Более того, прямое моделирование внутренней архитектуры методом конечных элементов с использованием данных компьютерной томографии является слишком трудоемким для применения непосредственно к структурам большого размера. Поэтому помимо конечно-элементного моделирования актуальным является также и разработка математических моделей на основе ячеистых структур, которые позволяли бы рассчитывать модель Юнга с учетом размеров образца и показателя его пористости.

Для достижения поставленных в диссертации целей, соискателем решен ряд важных практических задач. В частности, а) разработаны конечно-элементные модели трехмерных пористых структур, изготовленных методом порошковой металлургии с целью изучения их прочностных свойств, а также механизма деформации, б) выполнен конечно-элементный анализ влияния процесса остеоинтеграции имплантата на механические свойства пористого

титана за счет врастания костных тканей в свободные поры материала, в) разработаны конечно-элементные модели эндопротезированной бедренной кости, приближенные к реалистичным физиологическим аспектам, для нахождения напряженно-деформированного состояния биомеханической системы «кость - эндопротез» и, наконец, г) впервые разработаны механико-математические модели для трехмерных пористых структур на основе массивов ячеек Гибсона-Эшби, позволяющие рассчитывать значения эффективного модуля Юнга образцов пористого титана любой размерности в форме параллелепипеда и показателем пористости с учетом реакции, испытываемой ячейками со стороны проросшей костной ткани.

Во время работы над диссертацией соискатель проявил самостоятельность при разработке соответствующих конечно-элементных и математических моделей. Все основные результаты исследования получены им самостоятельно и являются новыми. Их достоверность достигнута корректным применением развитых теоретических методов и подходов биомеханики, многократно апробированных численных методов, а также натурными экспериментами по сжатию образцов пористого титана и биокомпозита «пористый титан – костная ткань». На достоверность полученных результатов указывает также удовлетворительное соответствие и корреляция результатов, полученных тремя методами: методом конечно-элементного моделирования, экспериментальным методом и математическим методом, основанным на исследовании деформирования 3-х мерных массивов ячеек Гибсона-Эшби до и после врастания костной ткани.

По результатам диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе, 3 статьи в рецензируемых научных журналах в соответствии с пунктом 19 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в (общим объемом 2,5 авторского листа), 6 статей в других рецензируемых научных изданиях, 4 статьи в сборнике материалов конференции. Статьи 8–А, 9–А опубликованы в известном научном рецензируемом издании «Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика», входящем в наукометрические базы данных Scopus и РИНЦ.

Практическая и экономическая значимость полученных результатов заключается в использовании разработанных в диссертационной работе моделей, алгоритмов, расчетных схем при решении важных прикладных задач для эндопротезистов УЗ «МОКБ». Значительная часть результатов диссертации включена в специальные курсы лекции для студентов старших курсов механико-математического факультета Белорусского государственного университета.

Считаю, что выполненное диссертационное исследование на тему «Конечно-элементные и математические модели биомеханических систем кость-имплант при бесцементном эндопротезировании» имеет законченный

характер с высокой академической и практической ценностью и соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Никитин Андрей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08- Биомеханика.

Доктор физико-математических наук,  
профессор,  
заведующий кафедрой  
био- и наномеханики БГУ



Г. И. Михасев

