

## Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Донник Анны Михайловны на тему «Пациенто-ориентированное биомеханическое моделирование грудного и переходного груднопоясничного отделов позвоночника», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08 – Биомеханика

### Структура диссертации и основные научные результаты

Диссертация состоит из списка сокращений, введения, пяти глав, заключения, приложения и списка литературы. Работа изложена на 174 страницах, включает 108 рисунков, 23 таблицы, и 21 страницу библиографии, содержащей 136 наименований.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи исследования, приведены используемые материалы и методы исследования, подчеркнута научная новизна и практическая значимость результатов работы, а также представлены сведения об апробации результатов, степени достоверности и личном вкладе автора.

**Первая глава** посвящена состоянию проблемы исследования в настоящее время. Представлен широкий обзор литературы, в котором раскрыты анатомия позвоночного столба, дана подробная классификация повреждений позвоночника, описана клиническая картина повреждений груднопоясничного отдела позвоночника, приведены методы лечения повреждений грудного и груднопоясничного отделов позвоночника, отдельно рассмотрены возможные осложнения после хирургического лечения. В обзор включены сведения о подходах биомеханического моделирования позвоночника, методах построения твердотельной модели тела позвонка, твердотельных моделей межпозвонковых дисков, моделирования связочного аппарата. В главе подробно исследованы механические свойства органов позвоночника, а также подходы к математической формализации рассматриваемой задачи, определению граничных условий. В заключении главы математически сформулирована задача теории упругости, решение которой необходимо для выполнения корректного моделирования биомеханики отделов позвоночника.

**Во второй главе** рассмотрен разработанный алгоритм построения биомеханической модели грудного и переходного груднопоясничного отделов позвоночника. Алгоритм позволяет производить построение биомеханической модели сегмента позвоночника с травмой и после хирургического лечения. В алгоритме подробно описано построение твердотельных моделей тел позвонков на основе данных рентгеновской компьютерной томографии, межпозвонковых дисков, фасеточных суставов и связочного аппарата. Отдельное внимание в главе посвящено заданию корректных граничных условий и механическим свойствам.

**В третьей главе** описано биомеханическое моделирование повторной травмы грудного отдела позвоночника. Задача рассмотрена как медицинской, так и с биомеханической сторон. Рассмотрено две задачи: задача о способе построения моделей сегмента позвоночника с установленной металлоконструкцией для биомеханического моделирования, задача определения причины нарушения стабильности фиксации у пациента. В рамках решения задач автором было построено две модели сегментов позвоночника и проведено моделирование двух операций. Проведенной биомеханические вычислительные эксперименты позволили выявить причины нарушения целостности фиксирующих металлоконструкций. Стоит отметить согласованность полученных результатов с результатами клинической диагностики.

**Четвертая глава** посвящена биомеханическому моделированию короткосегментарной системы фиксации с использованием промежуточных винтов при компрессионном переломе тела позвонка груднопоясничного отдела позвоночника. В вычислительном эксперименте была произведена оценка транспедикулярных систем фиксации, дополненных промежуточными винтами, при хирургическом лечении

компрессионного перелома тела позвонка грудного отдела позвоночника. В рамках модели были оценены прочность и жесткость не только конструкции, но и грудного отдела позвоночника. Полученные результаты позволяют судить о преимуществе использования транспедикулярных систем фиксации, дополненных промежуточными винтами.

**В пятой главе** приведено описание биомеханического моделирования применения ламинарных крючков при хирургическом лечении оскольчатого перелома тела позвонка груднопоясничного отдела позвоночника. Проведено моделирование трех вариантов хирургического лечения. На основании результатов показано, что использование систем фиксации, дополненных ламинарными крючками, обеспечивает лучшую стабильность фиксации при лечении оскольчатого перелома тела позвонка груднопоясничного отдела позвоночника.

**В заключении** приведены выводы, сделанные на основе результатов, полученных в работе.

#### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Диссертационная работа Донник Анны Михайловны посвящена оценке тактик операционного вмешательства при лечении травм грудного и переходного груднопоясничного отделов позвоночника. Полученные результаты позволяют на этапе предоперационного планирования провести выбор рациональной тактики хирургического лечения травм в зависимости от характера повреждений позвоночника. Что в купе с персонализированным подходом подтверждает актуальность работы.

#### **Степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

**Достоверность и обоснованность** результатов исследования обеспечивается корректностью математической постановки задачи теории упругости, применением строгих математических методов, сравнением результатов с известными результатами других авторов, а также с результатами медицинского контроля.

#### **Научная новизна основных результатов работы, их теоретическая и практическая значимость**

**Научная новизна работы** заключается в сформулированном универсальном и не имеющем ограничений по случаям травм подходе к созданию биомеханической модели грудного и груднопоясничного отделов позвоночника.

В диссертационной работе Донник А.М.:

1. Сформулирован и реализован пациенто-ориентированный подход к созданию биомеханической модели грудного и груднопоясничного отделов позвоночника.
2. Проведено биомеханическое моделирование грудного, груднопоясничного отделов позвоночника при повторной травме, при компрессионном переломе, в случае оскольчатого перелома.
3. Проведено биомеханическое моделирование при различных способах фиксации, выявлены биомеханические преимущества.
4. Впервые выполнено биомеханическое моделирование с фиксацией ламинарными крючками, и с точки зрения биомеханики показано преимущество использования их в клинической практике.

Указанная новизна работы представляет **теоретическую значимость**, заключающуюся в возможности масштабирования предложенного алгоритма для большого спектра задач медицины и биомеханики.

**Практическая значимость** подтверждается не только пациенто-ориентированным и биомеханическим подходом, но актом об использовании результатов диссертации в учебном процессе механико-математического факультета СГУ им. Н.Г. Чернышевского, а также полученными свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ

и баз данных: база данных "Модельная версии 2.0" для прототипа системы поддержки принятия врачебных решений, режим персональной виртуальной операционной 3D (RU 2021621555 от 20.07.2021), база данных "Имплантаты версии 3.0" для прототипа системы поддержки принятия врачебных решений, режим персональной виртуальной операционной 3D (RU 2021621564 от 20.07.2021).

### **Апробация основных результатов исследования, представленных в диссертации**

Основное содержание работы опубликовано в 21 работе, в том числе 4, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и/или индексируемых в международных базах данных. Результаты работы обсуждались на международных и всероссийских конференциях. Результаты диссертационной работы внедрены в учебную деятельность механико-математического факультета Саратовского университета.

### **Замечания и вопросы по диссертации**

В качестве **замечаний** можно отметить следующее:

1. В диссертационной работе не приведен список публикаций в рецензируемых научных изданиях с основными результатами диссертации;
2. При описании численного решения задач не указаны типы конечных элементов;
3. В работе не приведена конечно-элементная сетка для моделей, не отмечено исследование сеточной сходимости в моделях.

Отмеченные замечания не умаляют основных достижений работы и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Донник Анны Михайловны «Пациенто-ориентированное биомеханическое моделирование грудного и переходного грудного отдела позвоночника» является самостоятельным научным исследованием. Все поставленные задачи выполнены, сформулированная цель достигнута. Представленная к защите диссертационная работа по своей научной новизне имеет важное теоретическое и практическое значение для биомеханики и медицины по специальности 01.02.08-Биомеханика. Текст диссертации изложен понятно и структурированно.

Диссертационная работа Донник Анны Михайловны «Пациенто-ориентированное биомеханическое моделирование грудного и переходного грудного отдела позвоночника» соответствует паспорту специальности 01.02.08 – Биомеханика и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., с изм., утв. 21.04.2016 г. №335, 02.08.2016 г. №748, ред. от 11.09.2021 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Донник Анна Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08 – Биомеханика.

Кандидат физико-математических наук,  
доцент, доцент кафедры теоретической механики,  
Института математики и механики  
ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет»  
г. Казань, ул. Кремлевская, 18  
+79503171300  
4works@bk.ru

О.А. Саченков

